



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**ALTERNATIF PERBAIKAN TANAH PADA OPRIT
JEMBATAN SUNGAI BRANTAS DI TOL SOLO-
KERTOSONO STA 176+388**

GILANG PERSADA SEBAYANG
NRP. 3112 100 086

Dosen Pembimbing
Ir. Suwarno, M.Eng

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**ALTERNATIF PERBAIKAN TANAH PADA OPRIT
JEMBATAN SUNGAI BRANTAS DI TOL SOLO-
KERTOSONO STA 176+388**

GILANG PERSADA SEBAYANG
NRP. 3112 100 086

Supervisor
Ir. Suwarno, M.Eng

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC14-1501

**ALTERNATIVE SOIL IMPROVEMENT AT
APPROACH OF BRANTAS RIVER BRIDGE IN
SOLO-KERTOSONO TOLL ROAD STA 176+388**

GILANG PERSADA SEBAYANG
NRP. 3112 100 086

Supervisor
Ir. Suwarno, M.Eng

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

**ALTERNATIF PERBAIKAN TANAH PADA OPRIT
JEMBATAN SUNGAI BRANTAS TOL SOLO-
KERTOSONO STA 176+388**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

pada

Bidang Studi Geoteknik

**Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

GILANG PERSADA SEBAYANG

NRP. 3112 100 086

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Suwarno M.Eng.

..... (Pembimbing I)

**DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL**

**SURABAYA
JULI, 2017**

ABSTRAK
ALTERNATIF PERBAIKAN TANAH PADA OPRIT
JEMBATAN SUNGAI BRANTAS DI TOL SOLO-
KERTOSONO STA 176+388

Nama Mahasiswa : Gilang Persada Sebayang
NRP : 3112 100 086
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing: Ir. Suwarno M.Eng.

Abstrak

Tingginya angka pertumbuhan kendaraan bermotor mengakibatkan kepadatan lalu lintas yang kemudian berdampak pada menurunnya tingkat kenyamanan berkendara. Salah satu upaya Pemerintah guna mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan direncanakannya Pembangunan Jalan Tol Solo – Kertosono yang nantinya akan di sambung dengan Jalan Tol Mojokerto – Kertosono yang melewati Jombang dan Jalan Tol Surabaya - Mojokerto yang Melewati Waru (Kabupaten Sidoarjo).

Jembatan Sungai Brantas di jalan tol Solo-Kertosono menggunakan oprit jembatan berupa slab on pile. Slab on pile adalah konstruksi plat beton yang ditumpu dengan tiang pancang. Berdasarkan data tanah di lokasi oprit jembatan didapati jenis tanah lunak hingga kedalaman -9m (SPT=10 blows/ft) dan tanah keras pada kedalaman -28m. Oleh sebab itu kebutuhan pile yang menahan oprit jembatan tersebut akan sangat panjang dan meningkatkan biaya konstruksi.

Perencanaan timbunan dengan menggunakan perkuatan geotextile dan cerucuk dapat menjadi alternatif untuk mengganti kebutuhan pile yang menahan oprit jembatan. Tinggi timbunan yang direncanakan yaitu 3 m, 5,5 m, 8 m, dan 10,5 m dengan perkuatan geotextile yang akan menahan stabilitas lereng timbunan pada arah melintang.

Hasil perhitungan menunjukan penggunaan alternative oprit miringa adalah alternative dengan biaya termurah.

Kata Kunci: Oprit, Geotextile, Timbunan, Cerucuk

ABSTRACT
ALTERNATIVE SOIL IMPROVEMENT AT
APPROACH OF BRANTAS RIVER BRIDGE IN SOLO-
KERTOSONO TOLL ROAD STA 176 + 388

Name : Gilang Persada Sebayang
Regs. Number : 3112 100 086
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor : Ir. Suwarno M.Eng.

Abstract

The high growth rate of vehicles resulting in traffic density which then resulted in a decrease of driving comfort level. One of the Government's efforts to overcome these problems is with the planned construction of Solo-Kertosono toll road that will connect with Mojokerto – Kertosono toll road which passes through Jombang and Surabaya-Mojokerto toll road which passes through Waru (Sidoarjo).

River Brantas Bridge in Solo-Kertosono Toll Road use Slab on Pile approach. Slab on Pile is construction of a concrete plate that is resting on piles. Based on the soil data at the site of the bridge approach, it is a soft soil type that reaches a depth of 12 meters (SPT = 10 blows/ft) which followed by a hard soil type that reaches a depth of 28 meters. Therefore the pile requirements to construct the bridge approach will be much and increases the construction costs.

Planning of the embankment using geotextile and mini pile can be alternative to replace the pile requirements to construct the bridge approach. The planned embankments height that are 3 m, 5,5 m, 8 m, and 10,5 m with geotextile that will retain the stability of the embankment slope on the transverse direction.

The result show trapezium embankment has the cheapest alternative.

Keyword: approach, Geotextile, Embankment, Minipiles

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum.wr.wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang dengan judul “Alternatif Perbaikan Tanah Pada Oprit Jembatan Sungai Brantas di Tol Solo-Kertosono STA 176+388”.

Penulis memperoleh bantuan dan bimbingan serta banyak dukungan dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, oleh berkat rahmat-Nya lah saya dapat menyelesaikan tulisan ini.
2. Kedua orang tua, Bapak Snelman Sebayang dan Ibu Rahmiaty Pane, atas segala doa dan kasih sayangnya.
3. Ir. Suwarno, M.Eng. selaku dosen konsultasi yang dengan sabar dan sepuh hati membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran untuk penulis.
4. Bapak dan ibu dosen geoteknik ITS yang senantiasa memberi ilmu akademik maupun non akademik kepada penulis.
5. LIVIC SENILRIA selaku sahabat sejawat yang tiada henti-hentinya memberikan bantuan baik motivasi maupun jasa yang luarbiasa kepada penulis.
6. Teman-teman angkatan S-55 yang sudah lulus dan memiliki kesibukan namun tetap memiliki waktu untuk sekedar menyapa atau bersenda-gurau bersama.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas ketekunan memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Dengan rasa hormat penulis

memohon maaf atas kekurangan yang ada pada laporan ini. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi rekan-rekan sedisiplin ilmu.

Wassalamualaikum.wr.wb.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
TITLE PAGE	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Permasalahan	4
BAB II	5
2.1 Penyelidikan Tanah	5
2.1.1 Korelasi antara Data Laboratorium, SPT dan Sondir ..	5
2.2 Metode Perbaikan Tanah	5
2.2.1 Metode Preloading (Prapembebanan)	6
2.2.2 Hubungan Tinggi Timbunan Awal (H_{awal}), Tinggi Timbunan Akhir (H_{akhir}), dan Penurunan (S_c)	7
2.2.3 Timbunan Bertahap dan Besar Pemampatan	9
2.2.4 Kenaikan Daya Duung Tanah Akibat Timbunan Bertahap	10
2.3 Percepatan Waktu Pemampatan	12
2.3.1 Prefabricated Vertical Drain (PVD)	12

2.3.2 Menentukan Kedalaman Optimal PVD	14
2.3.3 Pola Pemasangan PVD	14
2.3.4 Waktu Percepatan Pemampatan dengan PVD	15
2.4 Stabilitas Lereng	18
2.4.1 Perkuatan Lereng Timbunan dengan Geotextile	18
a. Tekanan Lateral Aktif.....	23
b. Tekanan Lateral Pasif	24
a. Kontrol Terhadap Geser	26
b. Kontrol Terhadap Guling.....	28
BAB III	35
3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	35
3.2 Langkah Penyusunan Tugas Akhir.....	36
BAB IV	37
4.1 Data Tanah.....	37
4.2 Analisis Parameter Tanah.....	38
4.3 Data Timbunan Oprit	41
4.4 Data Geotextile	41
4.5 Data Vertical Drain	41
4.6 Data Minipiles.....	41
4.7 Data Tiang Pancang	42
BAB V	43
5.1 Perhitungan Besar Pemampatan (S_c) dan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$).....	43
5.1.1 Alternatif Timbunan Miring	43
5.1.2 Alternatif Timbunan Tegak	49
5.2 Perencanaan Perbaikan Tanah dengan PVD.....	51

5.2.1	Perhitungan Waktu Konsolidasi (t)	51
5.2.2	Perencanaan Prefabricated Vertical Drain (PVD)	52
5.3	Alternatif Perencanaan Perkuatan Geotextile Pada Timbunan Miring	58
5.3.1	Perhitungan Peningkatan Kohesi undrained (Cu)	58
5.3.2	Perencanaan Geotextile sebagai perkuatan timbunan arah melintang	60
5.4	Alternatif Perencanaan Geowall.....	69
5.4.1	Perencanaan Perkuatan Geotextile Pada Oprit Tegak ... 70	
5.4.2	Perkuatan micropile/cerucuk untuk arah melintang	76
5.5	Perencanaan Geotextile Wall Arah Memanjang Jalan.	81
5.5.1	Perencanaan Geotextile Wall.....	81
5.5.2	Perkuatan Minipile/Cerucuk Untuk Arah Memanjang Jalan	82
5.6	Pemilihan Alternatif Berdasarkan Biaya Material Termurah.....	83
5.6.1	Perhitungan Total Biaya Material pada Alternatif 1	83
5.6.2	Perhitungan Total Biaya Material Pada Alternatif 2	83
BAB VI		85
6.1	Kesimpulan	85
6.2	Saran	86
LAMPIRAN		
BIODATA PENULIS		

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kurva Hubungan antara Tebal Timbunan dengan Intensitas Beban yang Bersesuaian dengan Beban <i>Traffic</i>	11
Gambar 2.2. Kedudukan Timbunan saat Mengalami Penurunan.....	12
Gambar 2.3. Timbunan Diletakkan Secara Bertahap	13
Gambar 2.4. Sketsa Diagram Penambahan Tegangan Akibat Beban Bertahap	14
Gambar 2.5. Sketsa Penambahan Tegangan Akibat Beban Bertahap	15
Gambar 2.6. <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD).....	17
Gambar 2.7. Cara Kerja <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)	18
Gambar 2.8. Pola Pemasangan PVD	19
Gambar 2.9. Pemampatan dengan Menggunakan PVD ..	20
Gambar 2.10. Model Kelongsoran untuk <i>Overall Stability</i>	23
Gambar 2.11. Gaya-Gaya yang Bekerja untuk <i>Overall Stability</i>	24
Gambar 2.12. Geotextile Dinding Penahan Tanah.....	27
Gambar 2.13. Prinsip Beban yang Bekerja pada <i>Geotextile Wall</i>	30
Gambar 2.14. <i>External Stability</i> pada <i>Geotextile Walls</i> ..	31
Gambar 2.15. Asumsi Gaya yang Diterima Cerucuk.....	34
Gambar 2.16. Harga f untuk Berbagai Jenis Tanah	35
Gambar 2.17. Grafik untuk Mencari Harga F_M	38
Gambar 3.1. Metodologi dan Tahapan Pekerjaan	41
Gambar 4.1. <i>Layout</i> Lokasi Titik Bor	45
Gambar 4.2. Grafik Parameter Tanah Menurut Kedalaman	46
Gambar 4.3. Hubungan N-SPT dan Kedalaman.....	48
Gambar 5.1. Pembagian Lapisan Tanah Dasar Setiap 1m	51

Gambar 5.2. Grafik Hubungan H_{final} dengan $H_{initial}$ (Alternatif 1).....	57
Gambar 5.3. D Grafik Hubungan H_{final} dengan Settlement (Alternatif 1).....	57
Gambar 5.4. Grafik Hubungan H_{final} dengan $H_{initial}$ (Alternatif 2).....	59
Gambar 5.5. Grafik Hubungan H_{final} dengan <i>Settlement</i> (Alternatif 2).....	59
Gambar 5.6. Grafik Hubungan Derajat Konsolidasi (U) dengan Waktu Timbunan dengan PVD Pola Segiempat.....	63
Gambar 5.7. Grafik Hubungan Derajat Konsolidasi (U) dengan Waktu Timbunan dengan PVD Pola Segitiga.....	66
Gambar 5.8. Settlement tiap tahapan timbunan PVD segitiga dengan jarak 1 m	71
Gambar 5.9. Pembagian Zona Simulasi Program GEOSTUDIO pada Timbunan Jalan	72
Gambar 5.10. Gambar Hasil Analisis Kelongsora	74
Gambar 5.11. Sketsa Pemasangan Geotextile.....	79
Gambar 5.12. Settlement tiap tahapan timbunan PVD segitiga dengan jarak 1 m	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Konsistensi Tanah Terbagi Menurut Harga Cu, N SPT, dan qc	9
Tabel 2.2.	Safety Factor untuk Slope Baru	25
Tabel 2.3.	Resiko Keselamatan.....	25
Tabel 2.4.	Angka Kemanaan untuk Menghitung Tallow	26
Tabel 2.5.	Hambatan antar Tanah dan Pondasi	32
Tabel 2.6.	Harga N_γ , N_c , N_q (Caquot dan Kerisel).....	34
Tabel 2.7.	Model Persamaan Cerucuk Untuk Masing-masing Variasi Perlakuan.....	37
Tabel 4.1.	Parameter Dasar Tanah	49
Tabel 4.2.	Hasil Perhitungan Parameter e dan Cs	49
Tabel 5.1.	Hasil Perhitungan H initial, H Bongkar Traffic dan H final Alternatif 1	56
Tabel 5.2.	H initial dan Settlement pada Masing-Masing Zona.....	58
Tabel 5.3.	Hasil Perhitungan H initial, H Bongkar Traffic dan H final Alternatif 2	58
Tabel 5.4.	H initial dan Settlement pada Masing-Masing Zona.....	60
Tabel 5.5.	Perubahan Tegangan Efektif Tanah di Zona 1 Akibat Penimbunan H = 3 m (Minggu ke-6) pada U=100%	68
Tabel 5.6.	Perhitungan ΔP_{ui} pada Lapisan 1	69
Tabel 5.7.	Hasil Perhitungan ΔP_{ui} tiap lapisan pada U<100%	69
Tabel 5.8.	Hasil Perhitungan Peningkatan Nilai Cu minggu ke-6	70
Tabel 5.9.	Hasil Kombinasi untuk Timbunan Oprit pada Zona 1	73
Tabel 5.10.	Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan Geotextile pada Zona 3, Zona 2, dan Zona 1.	77

Tabel 5.11. Hasil Perhitungan Panjang Geotextile pada Zona 1	68
Tabel 5.12. Hasil Perhitungan Peningkatan Cu minggu ke-6	70
Tabel 5.13. Perhitungan Jarak Antar Geotextile wall (Zona 1).....	73
Tabel 5.14. Hasil Perhitungan Panjang Geotextile wall (Zona 1)	75
Tabel 5.15. Hasil Perhitungan Tekanan Tanah (Zona 1) ..	75
Tabel 5.16. Hasil Perhitungan Beban Tanah pada Geogrid (Zona1)	76
Tabel 5.17. Perhitungan Momen Dorong (Zona 1)	76
Tabel 5.18. Perhitungan Momen Penahan (Zona 1)	76
Tabel 5.19. Perhitungan Gaya Penahan	77
Tabel 5.20. Perhitungan Gaya Pendorong	77
Tabel 5.21. Rekapitulasi Kebutuhan Geotextile wall (Zona 1).....	78
Tabel 5.22. Rekapitulasi Kebutuhan Geotextile wall (Zona 1).....	78
Tabel 5.23. Rekapitulasi Kebutuhan Geotextile wall (Zona 1).....	79
Tabel 5.24. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kebutuhan Cerucuk Zona 1	81
Tabel 5.25. Hasil Perhitungan Kebutuhan Cerucuk Arah Memanjang jalan (Alternatif 1)	83
Tabel 5.26. Total Kebutuhan dan Biaya Material Alternatif 1	83
Tabel 5.27. Total Kebutuhan dan Biaya Material Alternatif 2	85
Tabel 6.1. H initial dan Settlement pada Masing-Masing Zona Alternatif 1	85
Tabel 6.2. H initial dan Settlement pada Masing-Masing Zona Alternatif 2	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	ANALISA STATISTIK PARAMETER TANAH.....	159
Lampiran 2	BROSUR-BROSUR BAHAN MATERIAL YANG DIPAKAI.....	163
Lampiran 3	PERHITUNGAN BESAR PEMAMPATAN (S_c) DAN TINGGI TIMBUNAN AWAL ($H_{INITIAL}$).....	173
Lampiran 4	WAKTU KONSOLIDASI DAN PERCEPATAN WAKTU KONSOLIDASI DENGAN PVD	197
Lampiran 5	PEMAMPATAN KONSOLIDASI DAN PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH AKIBAT TIMBUNAN BERTAHAP (ALTERNATIF 1).....	205
Lampiran 6	PERHITUNGAN PERENCANAAN PERKUATAN GEOTEXTILE UNTUK TIMBUNAN MELINTANG (ALTERNATIF 1)	227
Lampiran 7	PEMAMPATAN KONSOLIDASI DAN PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH AKIBAT TIMBUNAN BERTAHAP (ALTERNATIF 2).....	235
Lampiran 8	PERHITUNGAN PERENCANAAN PERKUATAN KOMBINASI MULTIBLOCKS, GEOGRID, DAN MICROPILE/CERUCUK UNTUK TIMBUNAN MELINTANG (ALTERNATIF 2).....	257
Lampiran 9	PERHITUNGAN PERENCANAAN PERKUATAN GEOTEXTILE WALL DAN MICROPILE/CERUCUK UNTUK ARAH MEMANJANG	269
Lampiran 10	PERENCANAAN TIANG PANCANG	277
Lampiran 11	GAMBAR-GAMBAR PERENCANAAN	283

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tingkat pertumbuhan kendaraan yang ada di pulau Jawa adalah yang terbesar di banding dengan pulau – pulau lain yang ada di Indonesia. Dampak dari pertumbuhan jumlah kendaraan tersebut adalah meningkatnya tingkat kepadatan lalu lintas. Oleh karena itu muncul arahan kebijakan dan strategi pembinaan jaringan jalan, yaitu peningkatan efektivitas pemanfaatan jaringan jalan baik dalam mewujudkan efesiensi angkutan jalan raya dalam rangka meningkatkan hubungan antar daerah maupun dalam rangka menunjang pengembangan suatu kawasan.

Terkait dengan tingginya angka tingkat pertumbuhan kendaraan tersebut dan dalam rangka meningkatkan pelayanan terhadap pengguna jalan terutama yang berkaitan dengan hal kepadatan lalu lintas, Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pekerjaan Umum bertanggung jawab terhadap terselenggaranya jaringan jalan nasional di seluruh Indonesia baik itu jalan Nasional maupun jalan Tol Jembatan sebagai prasarana transportasi mempunyai manfaat dominan bagi pergerakan lalu lintas. Untuk menunjang tujuan tersebut maka Direktorat Jenderal Bina Marga melalui Direktorat Jalan Bebas Hambatan Dan Jalan Kota yang bertanggung Jawab terhadap seluruh pembangunan jalan tol di Indonesia salah satunya adalah Jalan Tol Solo – Kertosono yang nantinya akan di sambung dengan Jalan Tol Mojokerto – Kertosono yang melewati Jombang dan Jalan Tol Surabaya - Mojokerto yang Melewati Waru (Kabupaten Sidoarjo).

Jalan Tol Solo- Kertosono merupakan bagian dari Jalan Tol Trans Jawa yang direncanakan untuk menghubungkan pusat-pusat kegiatan dari arah barat sampai ke timur pulau Jawa, dimana kota Solo akan menjadi simpul penting yang diikuti oleh Kota Sragen, Ngawi, Nganjuk (Kota dan Kecamatan Kertosono) yang berlanjut

ke Jombang, Mojokerto, dan mencapai simpul penting yaitu Surabaya. Pada jalan Tol Solo-Kertosono STA 176, akan dibangun jembatan untuk melewati sungai brantas.

Pada jembatan sungai brantas di jalan Tol Solo-Kertosono tersebut terdapat bangunan atas berupa girder pada bentang jembatan, oprit yang ditahan oleh *slab on pile*, dan abutmen A1, P1, P2, P3, P4, P5, P6, dan A2 yang dapat dilihat pada Lampiran 1. Oprit jembatan yang ditahan oleh *slab on pile* terletak diantara A1-P1 dan P6-A2. Titik STA 176+388 yang dapat dilihat pada Lampiran 1 sebelah kiri abutment P1 hingga abutment A1, pada struktur bawah jembatan terdapat oprit jembatan yang ditahan oleh *slab on pile* sebagai penahan beban yang bekerja pada struktur atas jembatan. Pada kondisi eksisting, oprit jembatan berupa konstruksi *slab on pile* yaitu plat beton yang ditumpu dengan tiang pancang. Dengan kondisi tanah lunak dengan data tanah yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Dapat dilihat tanah lunak dijumpai mulai dari muka tanah hingga kedalaman -9m (SPT=10 *blows/ft*) dan tanah keras pada kedalaman -28m. Oleh sebab itu kebutuhan pile yang menahan oprit jembatan tersebut akan sangat panjang dan meningkatkan biaya konstruksi.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan desain ulang penahan *slab on pile* pada bagian oprit jembatan A1-P1 yang dapat dilihat pada Lampiran 1, menjadi 2 alternatif, yaitu timbunan tegak dan miring. Timbunan tersebut akan diberi perkuatan *geotextile* untuk menahan stabilitas lereng yang akan ditinjau di potongan 5,5m, 8m, 10,5m. Selain itu, penambahan *minipiles* akan direncanakan jika daya dukung tanah tidak cukup untuk menahan berat dari timbunan tersebut. Dengan kondisi tanah lunak yang ada maka akan ada settlement yang terjadi akibat adanya timbunan. Oleh karena itu, perlu direncanakan H_{inital} sehingga H_{final} sesuai dengan ketinggian Oprit jembatan dan juga perlu perencanaan *PVD* untuk mempercepat terjadinya konsolidasi. Tugas akhir ini akan membahas lebih rinci desain ulang tersebut dan menemukan alternatif yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Berapa besar pemampatan yang terjadi pada tanah dasar dan ketinggian timbunan awal yang direncanakan setelah terjadinya pemampatan?
- b. Bagaimana pola pemasangan *PVD* dan berapa lama waktu *preloading* yang harus diberikan agar pemakaian efektif?
- c. Bagaimana perencanaan perkuatan *geotextile* pada timbunan oprit jembatan di kedua alternatif?
- d. Bagaimana perencanaan perkuatan *minipiles* pada timbunan oprit jembatan yang memiliki daya dukung yang kurang?
- e. Alternatif perkuatan manakah yang memiliki biaya material paling murah?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Mengetahui besar pemampatan yang terjadi dan ketinggian timbunan awal yang direncanakan setelah terjadinya pemampatan
- b. Mengetahui pola pemasangan *PVD* dan waktu *preloading* yang harus diberikan agar pemakaian efektif
- c. Merencanakan perkuatan *geotextile* pada timbunan oprit jembatan
- d. Merencanakan perkuatan *minipiles* pada timbunan oprit jembatan yang memiliki kekurangan daya dukung
- e. Menentukan alternatif perkuatan yang memiliki biaya material paling murah.

1.4 Batasan Permasalahan

Batasan permasalahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Data yang digunakan adalah data sekunder
- b. Tidak menghitung struktur bangunan atas jembatan
- c. Merencanakan perbaikan tanah dengan metode *PVD* dan *geotextile*
- d. RAB (Rencana Anggaran Biaya) dan metode pelaksanaan tidak termasuk dalam pembahasan dalam tugas akhir ini
- e. Biaya yang dihitung berdasarkan bahan yang diperlukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui karakteristik tanah, kondisi geologi, susunan lapisan tanah, sifat lapisan tanah, kekuatan lapisan tanah, serta mengetahui sifat korosivitas tanah. Tujuan lain dari penyelidikan tanah adalah untuk menentukan kapasitas daya dukung tanah, menentukan tipe dan kedalaman pondasi, mengetahui kedalaman muka air tanah, dan memprediksi besarnya penurunan tanah. Penyelidikan tanah yang dilakukan dilapangan yaitu bisa dengan uji Sondir, Uji Boring, Uji Penetrasi Test (SPT) dan lain-lain. (Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012).

2.1.1 Korelasi antara Data Laboratorium, SPT dan Sondir

Menurut Mochtar (2006), revisi (2012), menyatakan bahwa korelasi tanah terbagi menurut harga C_u dari data laboratorium, N SPT, dan q_c dari data Sondir sebagai berikut :

Tabel 2.1. Konsistensi Tanah Terbagi Menurut Harga C_u , N SPT, dan q_c

Konsistensi Tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q_c	
	KPa	ton/m ²		kg/cm ²	Kpa
Sangat lunak (<i>very soft</i>)	0 - 12.5	0 - 1.25	0 - 2.5	0 - 10	0 - 1000
Lunak (<i>soft</i>)	12.5 - 25	1.25 - 2.5	2.5 - 5	10 - 20	1000 - 2000
Sedang (<i>medium stiff</i>)	25 - 50	2.5 - 5	5 - 10	20 - 40	2000 - 4000
Kaku (<i>stiff</i>)	50 - 100	5 - 10	10 - 20	40 - 75	4000 - 7500
Sangat kaku (<i>very stiff</i>)	100 - 200	10 - 20	20 - 40	75 - 150	7500 - 15000
Keras (<i>hard</i>)	> 200	> 20	> 40	> 150	> 15000

2.2 Metode Perbaikan Tanah

Untuk pengembangan prasarana suatu wilayah, tidak menutup kemungkinan bahwa infrastruktur harus dibangun pada

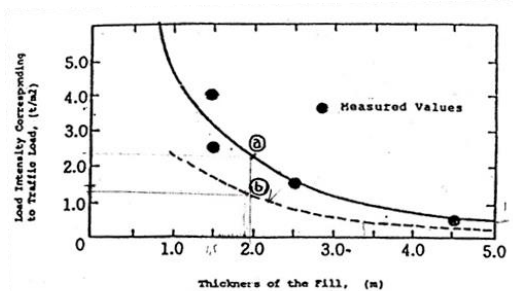
daerah-daerah yang kondisi lapisan tanah dasarnya berupa tanah lempung lunak yang mempunyai daya dukung relatif rendah dan pemampatannya relatif lama serta besar. Pada dasarnya, perbaikan tanah mempunyai tujuan secara umum, yaitu meningkatkan daya dukung dan kuat geser tanah, meningkatkan modulus tanah, mengurangi kompresibilitas tanah, mengontrol stabilitas volume (*shrinkage* dan *swelling*) tanah, mengurangi kerentanan terhadap *liquefaction*, memperbaiki kualitas material untuk bahan konstruksi, dan memperkecil pengaruh untuk daerah sekitarnya. (Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

2.2.1 Metode *Preloading* (Prapembebanan)

Preloading merupakan suatu metode perbaikan tanah lunak dengan cara menempatkan timbunan pada lokasi yang akan distabilisasi dengan berat sekrang-kurangnya sama dengan berat struktur (beban permanen) di masa yang akan datang. Akibat adanya beban timbunan tersebut maka lapisan tanah di bawahnya akan tertekan sehingga air yang berada di dalam pori-pori tanah akan terperas keluar lebih cepat. Apabila penurunan akibat pemampatan yang diinginkan telah tercapai, sebagian atau timbunan *preloading* dapat dibuang. Beban *preloading* dapat berupa beban *traffic* (jalan), beban *pavement*, dan beban timbunan.

Untuk beban *traffic* harus diperhitungkan sebagai tambahan beban merata yang menyebabkan penurunan tanah. Menurut *Japan Road Associaton* (1986), beban *traffic* diperhitungkan sebagai beban merata yang tergantung dari tinggi timbunan (*embankment*) seperti pada gambar 2.1 Beban *traffic* tersebut kemudian dapat dikorelasikan dalam tinggi timbunan tambahan dan akan dibongkar saat waktu konsolidasi selesai. Makin tebal tinggi timbunan, makin kecil pengaruh beban *traffic* terhadap penurunan tanah. Hasil studi oleh *Japan Road Associaton* (1986) tersebut berlaku untuk suatu timbunan tanah di atas tanah asli yang belum diperbaiki. Untuk tanah asli yang sudah memampat akibat *PVD*, tentunya

pengaruh *traffic* tidaklah sebesar aslinya. Jadi, dapat diasumsikan pengaruh *traffic* pada tanah dasar yang telah terkonsolidasi hanya sebagian dari harga menurut *Japan Road Associaton* tersebut. Bila intensitas tersebut hanya setengah dari harga *Japan Road Associaton*, kurva hubungan mengikuti kurva b dari gambar 2.1.

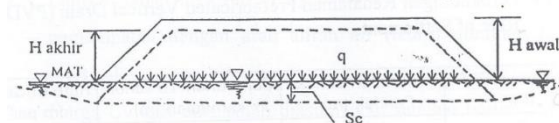


Gambar 2.1. Kurva Hubungan antara Tinggi Timbunan dengan Intensitas Beban yang Bersesuaian dengan Beban *Traffic*

(Sumber : Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (*Problematic Soils*), 2000)

2.2.2 Hubungan Tinggi Timbunan Awal (H_{awal}), Tinggi Timbunan Akhir (H_{akhir}), dan Penurunan (S_c)

Suatu timbunan setelah mengalami penurunan akan mengalami perubahan “berat” karena selama terjadi penurunan sebagian tanah timbunan “tenggelam” berada di bawah muka air tanah seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Kedudukan Timbunan saat Mengalami Penurunan

(Sumber : Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (*Problematic Soils*), 2000)

Mula-mula :

$$q_{awal} = H_{awal} \times \gamma_{timbunan} \quad [2.1]$$

Setelah mengalami konsolidasi S_c :

$$H_{akhir} = H_{awal} - S_c \quad [2.2]$$

$$q_{akhir} = H_{akhir} \times \gamma_{timbunan} + S_c (\gamma_{sat.timbunan} - \gamma_{water})$$

$$q_{akhir} = (H_{awal} - S_c) \gamma_{timbunan} + S_c (\gamma_{sat.timbunan} - 1)$$

karena dianggap $\gamma_{timbunan} = \gamma_{sat.timbunan}$ maka

$$q_{akhir} = H_{awal} \times \gamma_{timbunan} - S_c$$

$$\text{Jadi, } q_{akhir} < q_{awal} \quad [2.3]$$

Mencari Harga S_c :

1. Tentukan suatu harga q = konstan tertentu, misal : $q = 2 \text{ ton/m}^2$
2. Dengan asumsi q tersebut dan bentuk timbunan yang dikehendaki cari penurunan konsolidasi, misalnya didapatkan penurunan konsolidasi = S_{ci}
3. Cari H_{awal} dan H_{akhir} akibat q tersebut dengan persamaan sebagai berikut :

$$q_{akhir} = q = (H_{awal} - S_c) \gamma_{sat} + S_c (\gamma_{sat} - 1)$$

$$\begin{aligned} q &= (H_{awal} \times \gamma_{sat} - S_c \times \gamma_{sat}) + (S_c \times \gamma_{sat} - S_c) \\ &= H_{awal} \times \gamma_{sat} - S_c \end{aligned}$$

Jadi,

$$H_{awal} = \frac{q_i + S_{ci}}{\gamma_{sat}} \quad [2.4]$$

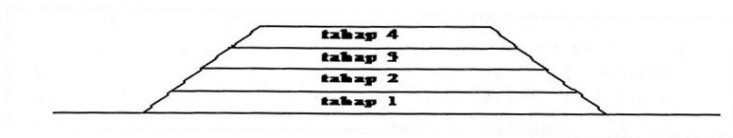
$$H_{akhir} = H_{awal} - S_{ci} \quad [2.5]$$

4. Ulangi langkah-langkah di atas untuk $q = 4 \text{ ton/m}^2$; 6 ton/m^2 ; 8 ton/m^2 ; 10 ton/m^2 ; dst. Dapatkan pula harga-harga S_c , H_{awal} , dan H_{akhir} yang bersesuaian.
5. Buat tabel yang berisi q_i , S_{ci} , $H_{awal i}$, dan $H_{akhir i}$.
6. Buat grafik hubungan antara H_{awal} dengan H_{akhir} ($H_{awal} = H_{initial}$; $H_{akhir} = H_{final}$). Buat pula grafik hubungan antara *settlement* dengan H_{final} .

Dari grafik hubungan antara H_{awal} dengan H_{akhir} , dapat dicari berapa saja ketinggian H_{awal} untuk H_{akhir} yang telah ditentukan.

2.2.3 Timbunan Bertahap dan Besar Pemampatan

Seperti yang diketahui bahwa timbunan di lapangan diletakkan lapis demi lapis seperti pada gambar 2.3 dengan kecepatan sesuai dengan yang direncanakan. Dengan demikian, perumusan yang digunakan untuk menghitung besar pemampatan konsolidasi perlu disesuaikan terutama perumusan tentang besar beban dan pemakaian harga C_c dan C_s . (Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)



Gambar 2.3 timbunan Diletakkan Secara Bertahap
(Sumber: Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

Untuk pembebanan secara bertahap, besar beban setiap tahapan adalah Δp . Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut :

1. Apabila $\sigma'_0 + \Delta p_1 \leq \sigma_c$:

$$S_c = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta p_1}{\sigma'_0} \quad [2.6]$$

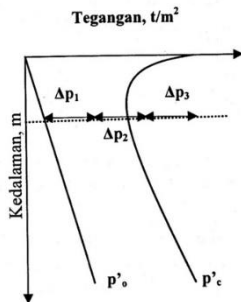
2. Apabila $\sigma'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 > \sigma_c$:

$$S_c = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_c}{\sigma'_0 + \Delta p_1} + \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2}{\sigma_c} \quad [2.7]$$

3. Apabila $\sigma'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 > \sigma_c$:

$$S_c = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3}{\sigma'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2} \quad [2.8]$$

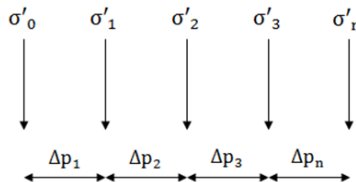
Untuk lebih jelasnya, perubahan tegangan akibat penambahan beban bertahap dapat dilihat pada gambar 2.4. Selanjutnya, untuk setiap kenaikan tegangan (Δp) digunakan Persamaan 2.14 s.d. 2.16 untuk menghitung pemampatan yang terjadi.



Gambar 2.4. Sketsa Diagram Penambahan Tegangan Akibat Beban Bertahap
(Sumber : Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

2.2.4 Kenaikan Daya Dukung Tanah Akibat Timbunan Bertahap

Sebagai akibat terjadinya konsolidasi pada suatu lapisan tanah maka lapisan tanah yang bersangkutan menjadi lebih padat yang berarti kekuatan tanah juga meningkat sebagai akibat kenaikan harga C_u (*undrained shear strength*). Apabila proses peletakan timbunan dilakukan secara bertahap, daya dukung tanah juga akan meningkat secara bertahap. Misalkan tinggi setiap tahapan penimbunan adalah h_1, h_2, h_3 sampai h_n , umur masing-masing tahapan penimbunan adalah t_1, t_2, t_3 , dan t_n , dan derajat konsolidasi yang dicapai akibat masing-masing tahapan penimbunan adalah U_1, U_2, U_3 , dan U_n maka penambahan (kenaikan) tegangan pada lapisan tanah yang ditinjau akibat masing-masing tahapan penimbunan adalah $\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3$, dan Δp_n . (Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012).



Gambar 2.5. Sketsa Penambahan Tegangan Akibat Beban Bertahap

(Sumber : Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

Penambahan tegangan akibat beban bertahap dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

- Δp_1 (penambahan tegangan) akibat tahap penimbunan 1, dari 0 m s.d. h_1 selama t_1 (derajat konsolidasi = U_1)

$$\Delta p_{1-U_1} = \left(\left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0} \right)^{U_1} \times \sigma'_0 \right) - \sigma'_0 \quad [2.9]$$

- Δp_2 (penambahan tegangan) akibat tahap penimbunan 2, dari h_1 s.d. h_2 selama t_2 (derajat konsolidasi = U_2)

$$\Delta p_{2-U_2} = \left(\left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1} \right)^{U_2} \times \sigma'_1 \right) - \sigma'_1 \quad [2.10]$$

- Δp_3 (penambahan tegangan) akibat tahap penimbunan 3, dari h_2 s.d. h_3 selama t_3 (derajat konsolidasi = U_3)

$$\Delta p_{3-U_3} = \left(\left(\frac{\sigma'_3}{\sigma'_2} \right)^{U_3} \times \sigma'_2 \right) - \sigma'_2 \quad [2.11]$$

- Δp_n (penambahan tegangan) akibat tahap penimbunan n , dari h_3 s.d. h_n selama t_n (derajat konsolidasi = U_n)

$$\Delta p_{n-U_n} = \left(\left(\frac{\sigma'_n}{\sigma'_{n-1}} \right)^{U_n} \times \sigma'_{n-1} \right) - \sigma'_{n-1} \quad [2.12]$$

Jadi, penambahan tegangan tanah di lapisan yang ditinjau menjadi :

$$\begin{aligned} \sigma'(H = h_n) &= \sigma'_0 + \left(\left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0} \right)^{U_1} \times \sigma'_0 \right) - \sigma'_0 + \\ &\left(\left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1} \right)^{U_2} \times \sigma'_1 \right) - \sigma'_1 + \left(\left(\frac{\sigma'_3}{\sigma'_2} \right)^{U_3} \times \sigma'_2 \right) - \sigma'_2 + \\ &\left(\left(\frac{\sigma'_n}{\sigma'_{n-1}} \right)^{U_n} \times \sigma'_{n-1} \right) - \sigma'_{n-1} \quad [2.13] \end{aligned}$$

Harga C_u tanah saat tercapainya tinggi $H = h_n$ adalah :

- Untuk harga *Plasticity Index* (PI) < 120 %
 $C_u = [0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \text{ PI})] \times \sigma'_{H=h_n} \quad [2.14]$

- Untuk harga *Plasticity Index* (PI) ≥ 120 %

$$C_u = [0,0737 + (0,0454 - 0,00004 \text{ PI})] \times \sigma'_{H = h_n} \quad [2.15]$$

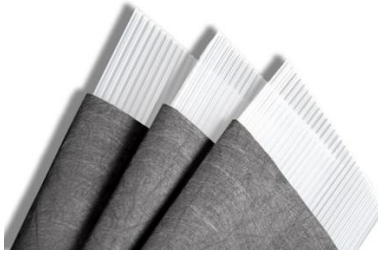
2.3 Percepatan Waktu Pemampatan

Pada tanah yang mengalami waktu pemampatan sangat lama diperlukan suatu sistem untuk mempercepat proses pemampatan. Proses percepatan dapat dipercepat dengan memperpendek jalan aliran air pori. Pada umumnya, percepatan pemampatan dilakukan dengan memasang saluran vertikal yang mudah mengalirkan air (*vertical drain*).

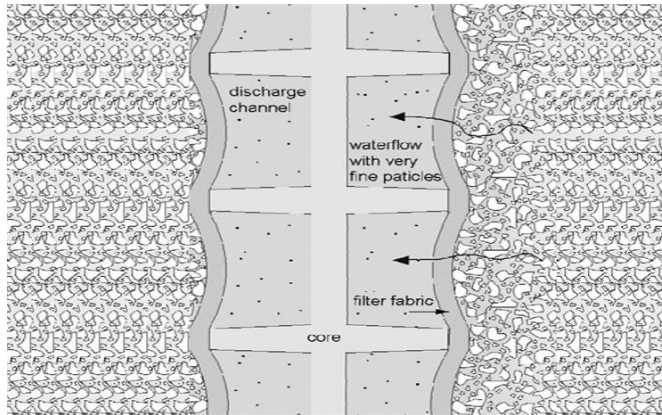
2.3.1 *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Salah satu cara yang dilakukan untuk mempercepat proses pemampatan adalah menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* yang ditancapkan ke dalam tanah sampai kedalaman yang dapat terkompresi. Pemberian beban (*preloading*) pada tanah yang akan dikonsolidasi menyebabkan butiran tanah terkompresi dan air pori berlebih mencari jalan untuk keluar. Air pori berlebih tersebut akan mencari jalan terpendek untuk keluar yaitu dengan melalui *PVD*.

PVD terdiri dari 2 bagian yaitu *core*/inti yang berfungsi untuk mempermudah air pori mengalir dari bawah ke atas dan *jacket*/filter yang berfungsi untuk melindungi dan menyaring material agar tidak bercampur dengan air pori seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7 Selanjutnya, air pori tersebut masuk ke dalam sela-sela inti *PVD*. Setelah itu, air pori dialirkan keluar dari tanah yang nantinya diteruskan oleh pori-pori dari material timbunan atau *horizontal drain*. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat secara detail melalui gambar 2.5. (Dukungan Material dan Peralatan Pemasangan *Vertikal Drain*, 2015)



Gambar 2.6. *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)



Gambar 2.7. Cara Kerja *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

PVD yang berbentuk persegi diasumsikan dengan diameter ekivalen PVD (d_w) sebagai diameter lingkaran. Untuk kondisi umum, d_w dapat diasumsikan tidak terpengaruh oleh kondisi bawah permukaan akibat pemasangan dan sifat-sifat tanah sehingga hanya merupakan fungsi dari bentuk (konfigurasi) dan geometri *drain*. Untuk desain diameter ekivalen dapat dihitung sebagai berikut :

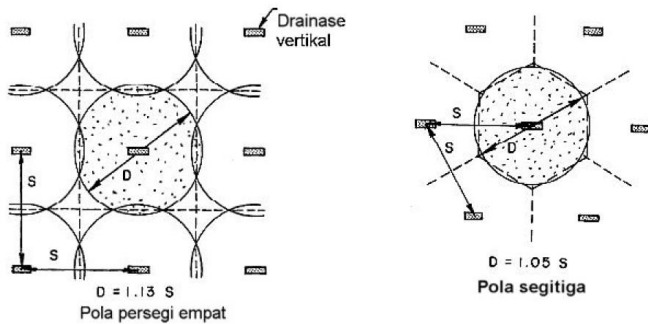
$$d_w = \frac{(a+b)}{2} \quad [2.16]$$

2.3.2 Menentukan Kedalaman Optimal PVD

PVD dapat dipasang hingga kedalaman tanah *compressible* untuk mengatasi penurunan akibat pemampatan tanah. Namun dengan mempertimbangkan biaya dan waktu pengerjaan, PVD dapat juga dipasang tidak mencapai seluruh tanah *compressible*. Hal ini dapat dilakukan apabila penurunan yang dapat terjadi (*rate of settlement*) setelah pemampatan dengan PVD selesai tidak mencapai lebih dari 2.5cm per tahun. Untuk menentukan kedalaman optimal PVD dapat dilakukan dengan mencoba berbagai kedalaman PVD dengan menghitung pemampatan yang masih dapat terjadi hingga memenuhi syarat kurang dari 2.5cm per tahun. (Dukungan Material dan Peralatan Pemasangan Vertikal Drain, 2015)

2.3.3 Pola Pemasangan PVD

Hingga saat ini pemasangan PVD terdapat 2 pola, yaitu pola segitiga dan pola segiempat seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8. Pola segitiga mengacu pada bentuk pola pemasangan titik-titik PVD yang dipasang sehingga membentuk pola segitiga, sedangkan pola segiempat mengacu pada bentuk pola pemasangan titik-titik PVD yang dipasang sehingga bentuk pola berupa segiempat. Bila dilihat dari daerah cakupan drainase air tanah akibat pemasangan PVD, pola segitiga sangat efektif digunakan karena daerah yang tercakup bisa hampir mendekati dengan daerah tangkap titik PVD yang lain sehingga hanya menyisakan daerah tak terdrainase yang kecil. Apabila dibandingkan dengan pola segiempat, daerah yang tercakup menyisakan sisa luas yang masih besar sehingga nantinya konsolidasi berjalan tidak maksimal.



Gambar 2.8. Pola Pemasangan PVD

(Sumber : Desain dan Konstruksi Pita *Drain* Vertikal Prefabrikasi (PDVP), 2004)

Daerah tangkapan pola segiempat dapat dihitung dengan persamaan :

$$A_c = 1/4 \pi (1,13 \times S)^2 \quad [2.17]$$

Daerah tangkapan pola segitiga dapat dihitung dengan persamaan :

$$A_c = 1/4 \pi (1,05 \times S)^2 \quad [2.18]$$

2.3.4 Waktu Percepatan Pemampatan dengan PVD

Waktu pemampatan dengan bantuan PVD dapat memungkinkan terjadinya alur air pori saat terjadinya kompresi seperti yang tampak pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Pemampatan dengan Menggunakan PVD

Dengan menganggap koefisien pemampatan arah horisontal melalui PVD adalah C_h dan jarak titik PVD adalah S maka persamaan untuk waktu pemampatan menggunakan PVD adalah:

$$t = \frac{T \times S^2}{C_h} \quad [2.19]$$

Dimana nilai dari $C_h \approx 1-3 C_v$

Sistem drainase vertikal telah dijelaskan oleh Barron (1948) berdasarkan teori aliran pasir vertikal yang menggunakan asumsi teori Terzaghi tentang pemampatan linier satu dimensi. Teori ini menetapkan hubungan antara waktu, diameter *drain*, jarak antara *drain*, koefisien pemampatan dan rata-rata derajat konsolidasi. Penentuan waktu pemampatan dari teori ini dapat dibuat persamaan sebagai berikut :

$$t = \frac{D^2}{8 \times C_h} \times F(n) \times \ln \frac{1}{1 - U_h} \quad [2.20]$$

$$U_h = [1 - \exp(-x)] \times 100\% \quad [2.21]$$

$$x = \frac{8 \times C_h \times t}{D^2 \times F(n)} \quad [2.22]$$

- t = waktu untuk menyelesaikan konsolidasi primer
- D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh *drain* vertikal
- C_h = koefisien konsolidasi tanah arah horisontal
- U_h = derajat konsolidasi tanah arah horisontal

Persamaan Barron di atas kemudian dikembangkan lagi oleh Hansbo (1979) untuk PVD. Teori Hansbo mendekati teori Barron, tetapi lebih disederhanakan dengan memasukkan dimensi fisik dan karakteristik dari PVD.

Fungsi $F(n)$ merupakan fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD. Oleh Hansbo (1979) harga $F(n)$ didefinisikan sebagai berikut :

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right] \quad [2.23]$$

Pada umumnya $n > 20$ sehingga dapat dianggap bahwa $1/n = 0$ dan $\left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \approx 1$

Jadi :

$$F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4}$$

atau

$$F(n) = \ln \left(\frac{D}{d_w} \right) - \frac{3}{4} \quad [2.24]$$

Dimana : d_w = diameter ekivalen dari PVD

Selain konsolidasi arah horisontal, juga terjadi konsolidasi arah vertikal, U_v . Harga U_v dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_v = \frac{t \times C_v}{(H_d)^2} \quad [2.25]$$

Dimana : T_v = faktor waktu

t = waktu sembarang yang dipilih

C_v = harga C_v tanah pada lapisan setebal panjang PVD

H_d = panjang PVD

Harga U_v dicari dengan persamaan :

$$U_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \quad [2.26]$$

Derajat konsolidasi rata-rata dapat dicari dengan cara :

$$U_r = [1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)] \times 100\% \quad [2.27]$$

2.4 Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng dapat dihitung menggunakan program Geoslope atau program sejenis lainnya. Apabila stabilitas lereng dengan nilai faktor keamanan (SF) kurang dari yang direncanakan maka perlu dilakukan perkuatan lereng. Perkuatan lereng tersebut dapat berupa *Geotextile* dan *Micropile*.

2.4.1 Perkuatan Lereng Timbunan dengan *Geotextile*

2.4.1.1 Geotextile sebagai Perkuatan

Perencanaan *geotextile* sebagai perkuatan tergantung pada besar peningkatan momen perlawanan (ΔM_R) yang direncanakan. Perhitungan untuk mencari (ΔM_R) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta M_R = (M_D \times SF) - M_R \quad [2.28]$$

di mana:

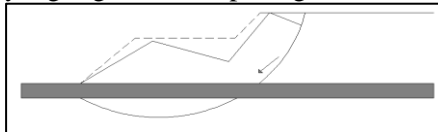
M_R = momen penahan

ΔM_R = momen penahan tambahan yang harus dipikul oleh *geotextile*

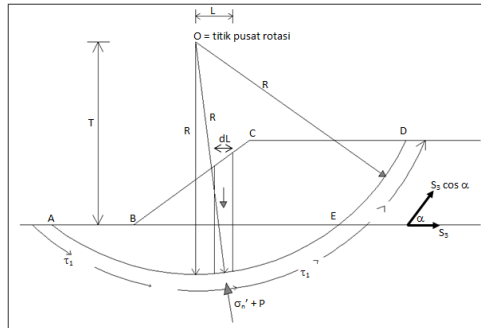
M_D = momen dorong, $\frac{MR}{SF}$

1. Overall Stability

Untuk menganalisa angka keamanan dari *overall stability* dapat menggunakan model irisan Bishop (1955) dengan bantuan Program XSTABL. Gaya-Gaya yang bekerja pada *overall stability* juga sesuai dengan yang digambarkan pada gambar 2.10.



Gambar 10. Model Kelongsoran untuk *Overall Stability*
(Sumber: Mochtar, 2000)



Gambar.11 Gaya-Gaya yang Bekerja untuk *Overall Stability*
(Sumber: Mochtar, 2000)

T = jarak vertikal titik pusat rotasi dengan *geotextile* yang ditinjau

$$T = y_0 - y_c \quad [2.29]$$

y_o = ordinat titik pusat rotasi

y_c = ordinat titik yang ditinjau

τ = tegangan geser geotextile dengan tanah asli

$$\tau = C_u + \sigma_v \tan \theta \quad [2.30]$$

dengan:

C_u = tegangan geser tanah asli

σ_v = tegangan vertikal timbunan

θ = tegangan geser tanah

Adapun syarat dari *overall stability* yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_R &= (M_D \times SF) + \Delta M_R \\ SF &= \frac{M_R - \Delta M_R}{M_D} \end{aligned} \quad [2.31]$$

di mana:

M_D = Momen penggerak = (berat segmen busur ABCDEA) x jarak pusat berat ABCDEA terhadap O.

$$M_R = \text{Momen penahan}$$
$$\Delta M_R = \text{Momen penahan tambahan yang ditahan oleh geotextile}$$

SF_{min} yang digunakan mengacu pada Pada tabel 2.2 dan tabel 2.3

Tabel 2.2 *Safety Factor* untuk *Slope* Baru (diadaptasi dari GEO, 1984)

<i>Economic risk</i>	<i>Required factor of safety with loss of life for a 10 years return period rainfall</i>		
	<i>Negligible</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>
Negligible	> 1.1	1.2	1.4
Low	1.2	1.3	1.5
High	1.4	1.5	1.6

(Sumber : Burt Look, 2007)

Tabel 2.3 Resiko Keselamatan (diadaptasi dari GEO, 1984)

<i>Situation</i>	<i>Risk to life</i>
Open farmland	Negligible
Country parks, lightly used recreation areas	Negligible
Country roads and low traffic intensity B roads	Negligible
Storage compounds (non hazardous goods)	Negligible
Town squares, sitting out areas, playgrounds and car parks	Negligible
High traffic density B roads	Low
Public waiting areas (e.g. railway stations, bus stops)	Low
Occupied buildings (residential, commercial, industrial and educational)	High
All A roads, by- passes and motorways, including associated slip roads, petrol stations and service areas	High
Buildings storing hazardous goods, power stations (all types), nuclear, chemical, and biological complexes	High

(Sumber : Burt Look, 2007)

Syarat kekuatan bahan S_1

$$T_{allow} = \frac{T_{ultimate}}{SF} \tag{2.32}$$

T_{allow} = Kekuatan tarik *geotextile* (kN/m²)

$T_{ultimate}$ = Kekuatan tarik bahan *geotextile* (kN/m²)

$$SF = SF_{ID} \times SF_{CR} \times SF_{CD} \times SF_{BD}$$

di mana:

SF_{ID} = angka keamanan intuk kesalahan pemasangan (*installation damage*)

SF_{CR} = angka keamanan untuk *creep*

SF_{CD} = angka keamanan untuk *chemical degradation*

SF_{BD} = angka keamanan untuk *biological degradation*.

Bila syarat ini tidak terpenuhi, digunakan beberapa lapis bahan.

Tabel 2.4 Angka Kemanaan untuk Menghitug T_{allow}

Penggunaan Geotextile	Faktor Pemasangan, FS_{id}	Faktor Rangkak, FS_{cr}	Faktor Kimia, FS_{cd}	Faktor Biolog, FS_{bd}
Separation	1,1 – 2,5	1,1 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Cushioning	1,1 – 2,0	1,2 – 1,5	1,0 – 2,0	1,0 – 1,2
Unpaved Roads	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Walls	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Embankments	1,1 – 2,0	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Bearing Capacity	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Slope Stabilization	1,1 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Pavement Overlays	1,1 – 1,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Railroads	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2
Flexible Form	1,1 – 1,5	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Silt Fences	1,1 – 1,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1

Panjang Geotextile di belakang bidang lonsor (Le) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Le = (T_{all} \times SF) / [(\tau_1 + \tau_2) \times E] \quad [2.33]$$

dengan:

E = efisiensi, diambil $E = 0,8$

Besar Momen penahan *geotextile* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$M_{geotextile} = T_{allow} \times T_i \quad [2.34]$$

T_{allow} = Kekuatan tarik *geotextile* (kN/m^2)

T_i = Jarak vertikal antara *geotextile* dengan pusat bidang lonsor (m)

2.4.1.2 *Geotextile* Sebagai Dinding Penahan Tanah

Stabilitas *Geotextile* sebagai dinding penahan tanah yang perlu ditinjau adalah *Internal Stability* dan *External Stability*.

1. *Internal Stability*

Pada *Internal Stability* gaya-gaya yang perlu diperhatikan adalah :

- Tanah di beakang dinding

- Beban luar : Beban Surcharge

Beban Hidup

Besar tegangan *horizontal* yang diterima dinding (σ_H) :

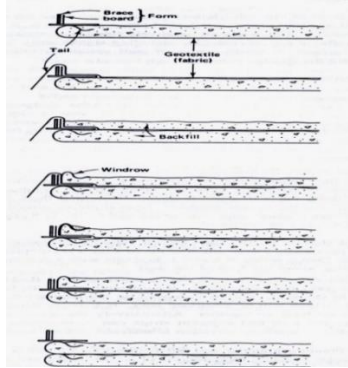
[2.35]

Dimana : $\sigma_H = \sigma_{HS} + \sigma_{Hq} + \sigma_{HL}$

σ_{HS} = tegangan *horizontal* akibat tanah dibelakang dinding

σ_{Hq} = tegangan *horizontal* akibat tanah timbunan surcharge

σ_{HL} = tegangan *horizontal* akibat tanah hidup



Gambar 2.12 *Geotextile* Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah, turap, galian yang diperkokoh maupun tidak, semuanya memerlukan perkiraan tekanan tanah lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitas. Tekanan tanah lateral merupakan salah satu bagian perencanaan penting, khususnya dalam hal teknik pondasi maupun bangunan penahan tanah.

Dalam memperkirakan dan menghitung kestabilan dinding penahan, diperlukan menghitung tekanan ke arah samping (lateral). Tekanan lateral terjadi karena massa tanah menerima beban akibat tegangan normal maupun berat kolom tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya tekanan ke

arah tegak lurus atau ke arah samping. Besarnya tekanan tanah lateral sendiri sangat dipengaruhi oleh fisik tanah, sudut geser, dan kemiringan tanah terhadap bentuk struktur dinding penahan.

Tekanan tanah lateral dibagi menjadi tekanan tanah dalam keadaan diam, tekanan tanah aktif, dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah dalam kondisi diam terjadi akibat massa tanah pada dinding penahan berada dalam kondisi seimbang. Tekanan tanah aktif merupakan tekanan yang berusaha untuk mendorong dinding penahan tersebut kedepan. Sementara tekanan tanah pasif merupakan tekanan yang berusaha mengimbangi tekanan tanah aktif.

a. Tekanan Lateral Aktif

Tekanan aktif merupakan tekanan yang mendorong dinding penahan tanah ke arah horizontal. Sementara dinding penahan tanah harus dalam keadaan seimbang dalam menahan tekanan arah horizontal. Tekanan ini dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tanah K_a . Rumusan tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H \quad [2.36]$$

Dimana harga K_a :

- Untuk tanah datar:

$$K_a = \frac{1 - \sin Q}{1 + \sin Q} = \tan^2 \left(45 - \frac{Q}{2} \right) \quad [2.37]$$

- Untuk tanah miring:

$$K_a = \left(\frac{\cos Q}{1 + \sqrt{\frac{\sin Q \sin(Q-\delta)}{\cos \delta}}} \right)^2 \quad [2.38]$$

Dimana:

Q = sudut geser tanah

δ = kemiringan tanah

Selain itu, kohesi sebagai lekatan antara butiran tanah juga memiliki pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah yaitu sebesar $2c\sqrt{K_a}$, sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H - 2 \times c \times \sqrt{K_a} \quad [2.39]$$

dimana c = kohesi tanah.

b. Tekanan Lateral Pasif

Rumusan tekanan horizontal pasif dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H \quad [2.40]$$

Dimana harga K_p

- Untuk tanah datar adalah:

$$K_p = \frac{1+\sin Q}{1-\sin Q} = \tan^2 \left(45 + \frac{Q}{2} \right) = \frac{1}{K_a} \quad [2.41]$$

- Untuk tanah miring adalah:

$$K_a = \left(\frac{\cos Q}{1 + \sqrt{\frac{\sin Q \sin(Q+\delta)}{\cos \delta}}} \right)^2 \quad [2.42]$$

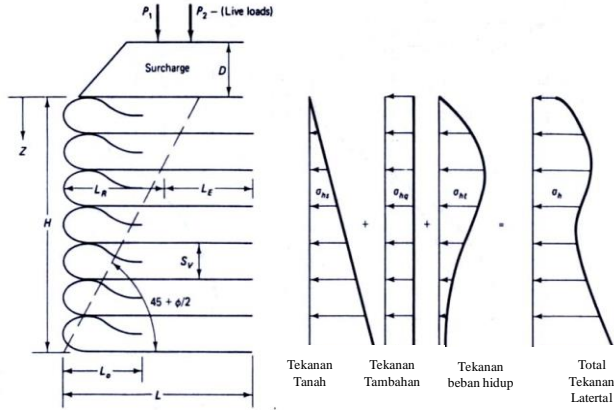
Dimana:

Q = sudut geser tanah

δ = kemiringan tanah

Dalam kasus tekanan lateral pasif, kohesi (lekatan antar butiran tanah) mempunyai pengaruh memperbesar tekanan pasif tanah sebesar $2c\sqrt{K_a}$, sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H + 2 \times c \times \sqrt{K_p} \quad [2.43]$$



Gambar 13 Prinsip Beban yang Bekerja pada *Geotextile Wall*

Jarak Vertikal pemasangan geotextile (S_V) :

$$\sigma_{HZ} \times S_V \times 1 = \frac{T_{ALL}}{SF} \rightarrow S_V = \frac{T_{ALL}}{SF \times \sigma_{HZ} \times 1} \quad [2.44]$$

Dimana : σ_{HZ} = tegangan horisontal pada kedalaman Z

$$SF = 1.3 \text{ s/d } 1.5$$

Panjang *Geotextile* yang ditanam (L) :

$$L = L_e + L_R \quad [2.45]$$

L_e = panjang geotextile yang berada dalam *anchorage zone* (minimum = 3 ft /1.0m)

L_R = panjang geotextile yang berada di depan bidang longsor

Dimana :

Panjang L_R

$$L_R = (H - Z) \times \left[\tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right] \quad [2.46]$$

Panjang L_e

$$L_e = \frac{S_V \cdot \sigma_H \cdot SF}{2[c + \sigma_V (\tan \delta)]} \quad [2.47]$$

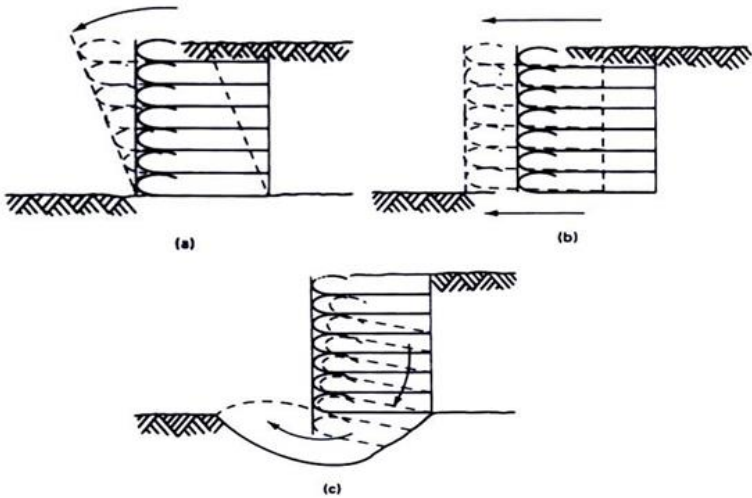
Panjang Lipatan L_o Gaya yang diperhitungkan $\frac{1}{2} \sigma_H$:

$$L_o = \frac{S_v \cdot \sigma_H \cdot SF}{4[c + \sigma_v(tg\delta)]} \quad [2.48]$$

2. External Stability

Untuk perencanaan *Geotextile* sebagai dinding penahan tanah perlu diperhatikan *External Stability*, yaitu:

- Aman terhadap geser
- Aman terhadap guling
- Aman terhadap kelongsoran daya dukung



Gambar 2.14 *External Stability* pada *Geotextile Walls* (a) Aman terhadap geser (b) Aman terhadap geser (c) Aman terhadap kelongsoran daya dukung

a. Kontrol Terhadap Geser

Faktor keamanan dapat dihitung dengan rumusan:

$$F = \frac{a \times b + N \times \tan \delta}{T} \quad [2.49]$$

Dimana: R = resultan gaya-gaya yang bekerja
 N = komponen vertikal R
 T = komponen horizontal R
 b = lebar pondasi / landasan
 a = karakteristik adhesi
 δ = sudut geser antara dasar tembok dengan tanah
 F = faktor keamanan
 $F \geq 1,5 \rightarrow$ untuk tekanan pasif diabaikan
 $F \geq 2,0 \rightarrow$ untuk tekanan pasif tidak diabaikan

Menurut Terzaghi dan Peck, unsur adhesi dapat diabaikan namun tetap menggunakan unsur lekatan antar tanah dan pondasi, sehingga perumusannya menjadi:

$$F = \frac{N \times \tan \delta}{T} \quad [2.50]$$

Tabel 2.5 Hambatan antar Tanah dan Pondasi

Tanah pondasi dengan butiran kasar, tanpa lempung dan lanau	$\delta = 30^\circ$
Tanah pondasi dengan butiran kasar, dengan lempung atau lanau	$\delta = 25^\circ$
Kasus yang lainnya	$\delta = 20^\circ$

(sumber : Herman Wahyudi, 1999)

Geser juga bisa terjadi didalam dinding penahan itu sendiri. Syarat agar tidak terjadi hal demikian adalah:

$$T < f \times N$$

$$F = \frac{f \times N}{T} \quad [2.51]$$

Dimana:

f = koefisien gesekan antar material didalam dinding.
 Pada umumnya dipakai $f = 0,60$. (Wahyudi, Herman 1999)

b. Kontrol Terhadap Guling

Faktor keamanan dapat dihitung dengan rumusan:

$$FS = \sum \frac{\text{resisting moments}}{\text{driving moments}} \quad [2.52]$$

$$FS = \sum \frac{w_i \cdot x_i + Pa \sin \delta \cdot x_i}{Pa \cos \delta \cdot R_i} \quad [2.53]$$

Dimana:

w_i = Berat tanah di atas *geotextile* (t/m')

x_i/R_i = Jarak dari titik berat gaya ke titik O yang ditinjau/lengan momen (m)

Pa = Gaya akibat tekanan tanah aktif (t/m')

c. Kontrol Terhadap Daya Dukung Sebagai Pondasi

Kontrol daya dukung tanah yang dikemukakan oleh Terzaghi adalah :

$$q_l = 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + C \cdot N_c + (\gamma \cdot D + q_0) N_q \quad [2.54]$$

$$q_l = \left(1 - 0,2 \frac{B}{L}\right) \cdot \gamma \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma + \left(1 + 0,2 \frac{B}{L}\right) \cdot C \cdot N_c + (\gamma \cdot D + q_0) \cdot N_q \quad [2.55]$$

Tegangan ijin yang terjadi adalah:

$$\sigma_{\text{yang terjadi}} = \frac{q_l}{SF} \quad [2.56]$$

Dimana:

q_l = tegangan dalam tanah maksimum

B = lebar dasar pondasi

D = kedalaman pondasi (terdalam)

γ = berat volume tanah

C = kohesi tanah

N_γ, N_c, N_q = koefisien daya dukung tanah akibat ϕ

SF = angka keamanan, umumnya ditetapkan $\geq 1,5$

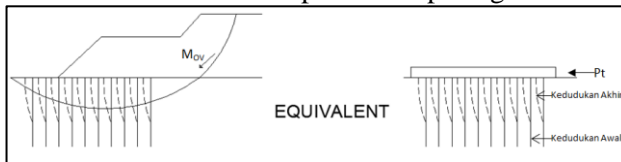
Tabel 2.6 Harga N_γ , N_c , N_q (Caquot dan Kerisel)

ϕ°	N_c	N_γ	N_q
0	5,14	0	1,00
5	6,50	0,10	1,60
10	8,40	0,50	2,50
15	11,00	1,40	4,00
20	14,80	3,50	6,40
25	20,70	8,10	10,70
30	30,00	18,10	18,40
35	46,00	41,10	33,30
40	75,30	100,00	64,20
45	134,00	254,00	135,00

(sumber: Herman Wahyudi, 1999)

2.4.1.3 Perkuatan Tanah dengan Cerucuk *Minipiles*

Asumsi yang dipakai untuk perhitungan *micropile* ini adalah asumsi cerucuk oleh Mochtar (2012). Penggunaan cerucuk dimaksudkan untuk menaikkan tahanan geser tanah. Bila tahanan tanah terhadap geser meningkat, maka daya dukung tanah pun meningkat. Asumsi yang digunakan dalam konstruksi cerucuk dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Asumsi Gaya yang Diterima Cerucuk

(Sumber: Mochtar, 2012)

Adapun prosedur dari perhitungan kebutuhan cerucuk berdasarkan NAVFAC DM-7 (1971) adalah sebagai berikut:

a. Menghitung kekuatan 1 (satu) buah cerucuk terhadap gaya horizontal.

- Menghitung faktor kekuatan relatif (T)

$$T = \left(\frac{ExI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \quad [2.57]$$

di mana:

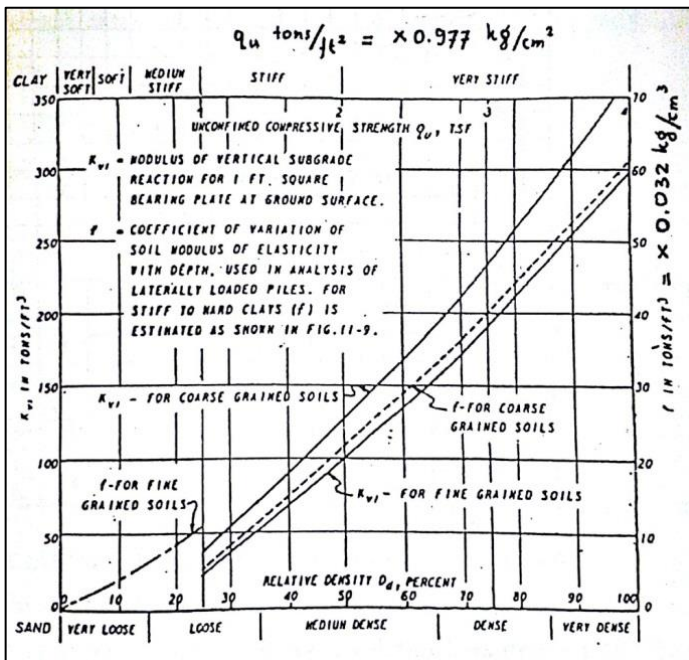
E = Modulus elastisitas tiang (cerucuk), Kg/cm^2

I = Momen inersia tiang (cerucuk), cm^4

f = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm^3

T = faktor kekakuan relatif, cm

Harga f dengan bantuan Gambar yang merupakan garfik antara f dengan unconfined compression strength, yaitu $q_u = 2.C_u$



Gambar 2.16 Harga f untuk Berbagai Jenis Tanah
(Sumber: *Design Manual*, NAVFAC DM-7, 1971)

Menghitung gaya horizontal yang mampu ditahan 1 tiang.

$$M_P = F_M \times (P \times T) \quad [2.58]$$

di mana:

M_P = momen lentur yang mampu ditahan oleh cerucuk akibat

beban horizontal P, Kg.com.

F_M = koefisien momen akibat gaya lateral P.

P = gaya horizontal maksimum yang mampu diterima oleh

satu cerucuk, Kg.

T = faktor kekakuan relatif, cm.

Dengan merencanakan panjang cerucuk yang tertahan di bawah/atas bidang gelincir (L) didapat harga L/T dengan bantuan Gambar 2.11 dan harga L/T pada kedalaman z didapat harga F_M .

Jadi, gaya horizontal yang mampu dipikul oleh 1 (satu) cerucuk adalah:

$$P = \frac{M_P}{F_M \times T} \quad [2.59]$$

Gaya maksimal P_{max} yang dapat ditahan oleh 1 cerucuk terjadi bila M_p = momen maksimal lentur bahan cerucuk. Bila kekuatan bahan dan dimensi bahan diketahui, maka:

$$M_P \text{ max 1 cerucuk} = \frac{\sigma_{\text{max bahan}} \times I_n}{C}$$

atau

$$M_P \text{ max 1 cerucuk} = \sigma_{\text{max}} \times W \quad [2.60]$$

di mana:

σ_{max} = tegangan tarik/tekan maks. bahan cerucuk

L = momen inersia penampang cerucuk terhadap garis yang melewati titik pusat penampang

C = $\frac{1}{2} \times D$, D = diameter cerucuk

W = I_n/C

sehingga:

$$P_{\text{max 1 cerucuk}} = \frac{M_P \text{ max 1 cerucuk}}{F_M \times T} \times F_k \quad [2.61]$$

dengan F_k menurut Rusdiansyah & Mochtar (2015):

$$F_k = 2,30 \times Y_t \times Y_s \times Y_n \times Y_D \quad [2.62]$$

dengan syarat:

- Spasi cerucuk yang digunakan : 3D sampai 8D

- Rasio tancap yang digunakan : $L/D = 5$ s.d. $L/D = 20$

Untuk nilai $L/D < 5$ maka digunakan persamaan $Y_t=0,02$ (X_t). Sedangkan untuk nilai $L/D>20$ maka digunakan nilai $Y_t\leq 1,45$.

- Rasio D/T yang digunakan : 0,099 s.d. 0,113

($Y_D=1$ jika $D/T = 0,1$)

($Y_{D\min}=1$; $Y_{D\max}=2$)

Dimana:

F_k = faktor koreksi gabungan

Y_t = persamaan pengaruh rasio tancap cerucuk

X_t = rasio tancap (L/D)

Y_D = persamaan pengaruh diameter cerucuk

X_D = rasio (D/T)

Y_s = persamaan pengaruh spasi/jarak antar cerucuk

X_s = spasi (S/D)

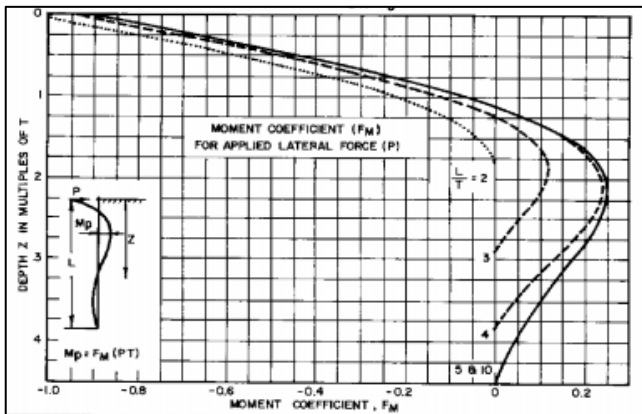
Y_n = persamaan pengaruh jumlah cerucuk

X_n = jumlah cerucuk

Tabel 2.7 Model Persamaan Cerucuk Untuk Masing-masing Variasi Perlakuan

Variable of model pile-soil interaction	obtained average of $\frac{P_{lab}}{P_{analytical}}$	Regression Formula obtained from Section 4
Ratio of Pile Insertion, $X_t = L/D$	1.965	$Y_t = 0.1(X_t) - 0.35$; ($Y_t = 1.0$ when $L/D = 15$) (For $0 < L/D < 5$, $Y_t = 0.02$ (X_t)) ($Y_{t\max} = 1.45$)
	2.467	
	1.756	
Ratio of Pile Spacing, $X_s = S/D$	0.422	$Y_s = -0.057(X_s)^2 + 0.614(X_s) - 0.658$; ($Y_s = 1.0$ when $S/D = 5$)
	2.216	
	2.467	
	4.336	
Number of Piles in Row = X_n	2.590	$Y_n = -0.047X_n + 1.051$; ($Y_n = 1.0$ when $X_n = 1$)
Ratio of Pile Diameter, $X_D = D/T$	2.467	$Y_D = 46.616(X_D) - 3.582$; ($Y_D = 1.0$ when $D/T = 0.1$) ($Y_{D\min} = 1.0$; $Y_{D\max} = 1.70$)
Average	2.30	

(Sumber: Rusdiansyah & Mochtar, 2015)



Gambar 2.17 Grafik untuk Mencari Harga F_M
(Sumber: Design Manual, NAVFAC DM-7, 1971)

Untuk menghitung banyaknya tiang atau cerucuk per meter, maka ditentukan gaya horizontal total yang terjadi pada bidang gelincir (P_t).

$$SF_{\text{yang diinginkan}} = \frac{\text{Momen Penahan } (M_R)}{\text{Momen Penggerak } (M_D)} \quad [2.63]$$

Di mana:

$SF_{\text{yang diinginkan}}$ = *Safety Factor* yang hendak dicapai

$M_R = \sum Cu_i \times L_i \times R_i = M_R \text{ dari tanah} + \Delta M_R \text{ dari cerucuk}$

Cu = Tegangan geser *undrained* tanah dasar

L = Panjang bidang gelincir

R = Jar-jari putar bidang gelincir

$M_R = M_R \text{ dari tanah} + \Delta M_R \text{ dari cerucuk}$

Di mana:

$M_R = SF_{\text{yang diinginkan}} \times M_D$

$M_R \text{ dari tanah} = SF_{\text{yang ada}} \times M_D$

Maka:

$(SF_{\text{yang diinginkan}} \times M_D) = (SF_{\text{yang ada}} \times M_D) + \Delta M_R \text{ dari cerucuk}$

$\Delta M_R \text{ dari cerucuk} = (SF_{\text{yang diinginkan}} - SF_{\text{yang ada}}) \times M_D$

Tambahan ΔM_R tersebut merupakan tambahan momen penahan yang ditimbulkan oleh adanya cerucuk, sehingga jumlah cerucuk yang dibutuhkan (n), adalah:

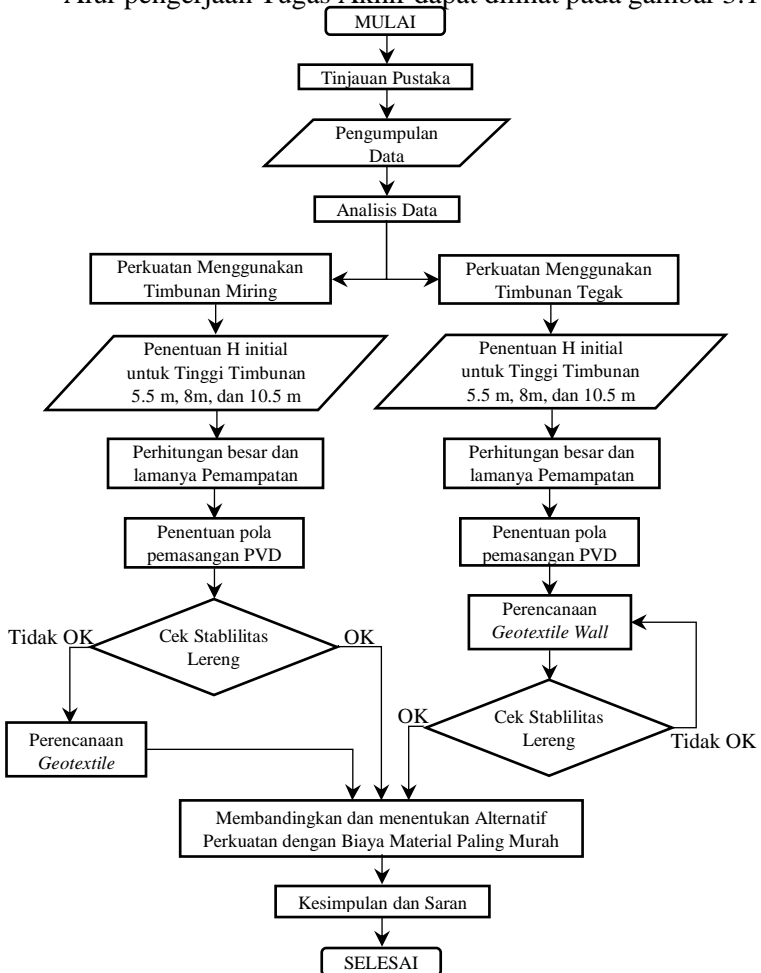
$$n \times P_{\max 1 \text{ cerucuk}} \times R = (SF_{\text{yang diinginkan}} - SF_{\text{yang ada}}) \times M_D$$

$$n = \frac{(SF_{\text{yang diinginkan}} - SF_{\text{yang ada}}) \times M_D}{P_{\max 1 \text{ cerucuk}} \times R} \quad [2.64]$$

BAB III METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Alur pengerjaan Tugas Akhir dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Pengerjaan

3.2 Langkah Penyusunan Tugas Akhir

Adapun keterangan dari Diagram Alur Pengerjaan di atas adalah sebagai berikut:

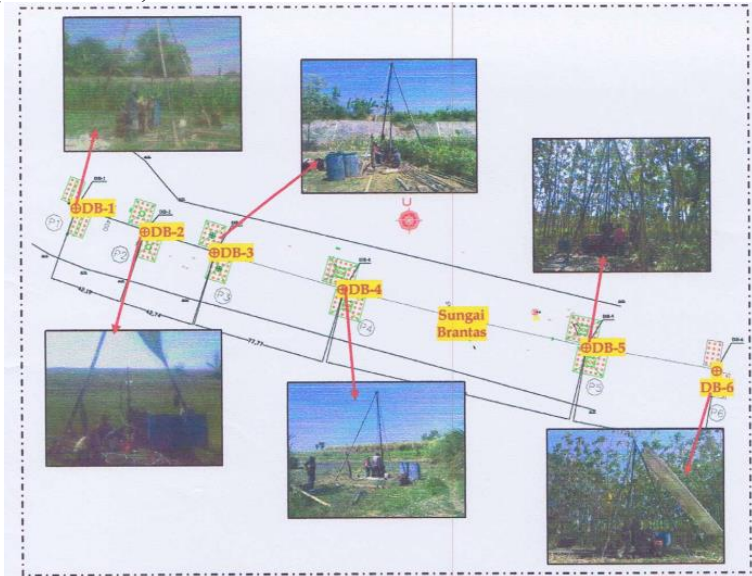
1. Pendahuluan
2. Tinjauan Pustaka
3. Pengumpulan dan Analisis Data
4. Menentukan H initial untuk tinggi jalan 5,5m, 8m, 10.5m pada alternatif 1 dan alternatif 2.
5. Menghitung besar dan waktu Settlement yang terjadi setiap H initial pada tinggi jalan 5,5m, 7m, dan 10,5 pada alternative 1 dan alternatif 2.
6. Menghitung Kedalaman dan jarak PVD

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1 Data Tanah

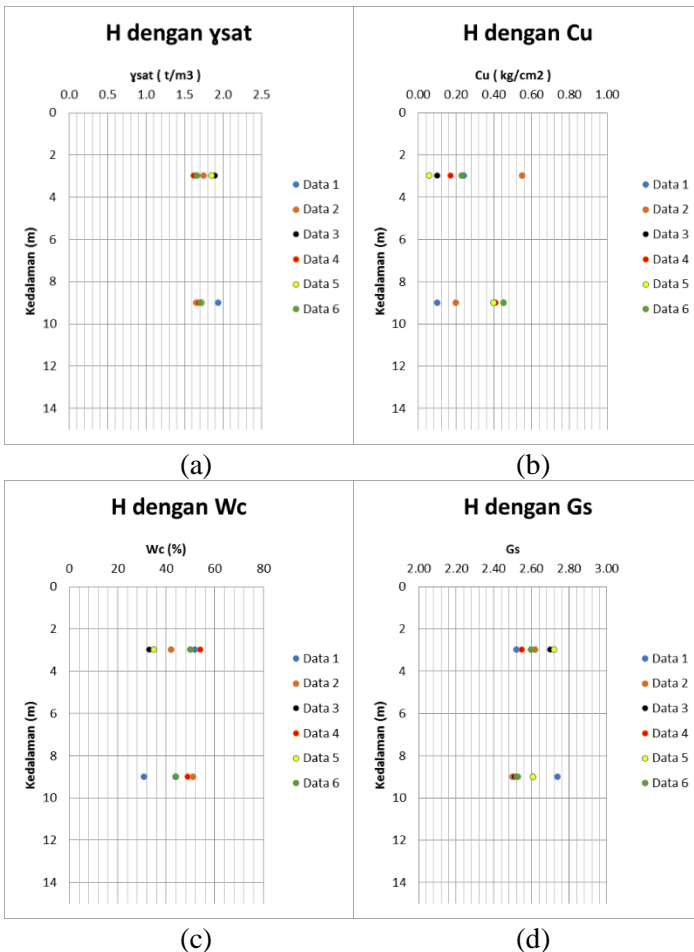
Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data Boring Log, N-SPT, dan data laboratorium hasil penyelidikan tanah Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Kertosono pada lokasi sekitar Sungai Brantas, Kertosono yang dilakukan oleh Testana Engineering. Data SPT yang tersedia dapat dilihat pada Lampiran 2. Jumlah data yang ada enam data, empat data pengeboran yang berada pada sisi sebelum sungai dan dua data pada sisi setelah sungai yaitu DB-1, DB-2, DB-3, DB-4, DB-5, dan DB-6 (Gambar 4.1). Data dianalisa dengan membandingkan jenis tanah dan analisa SPT untuk mendapatkan kedalaman tanah mampu mampat ($N \text{ SPT} \leq 10$).

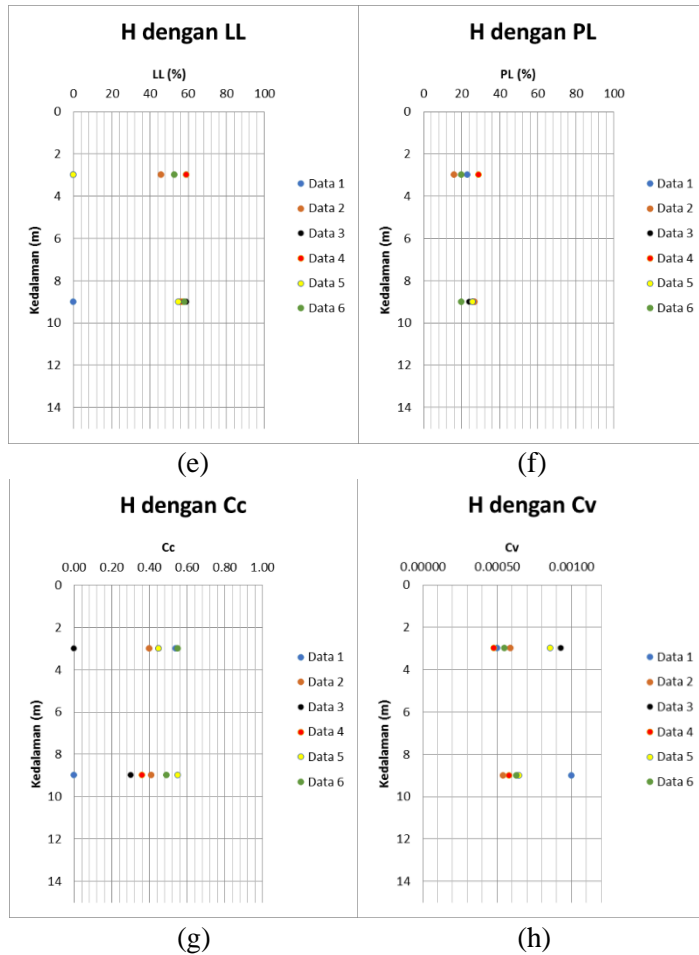


Gambar 4.1 *Layout* Lokasi Titik Bor
(Sumber: PT. Testana Engineering)

4.2 Analisis Parameter Tanah

Data parameter tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini diperoleh dari hasil penyelidikan tanah di lokasi (DB-1, DB-2, DB-3, DB-4, DB-5, dan DB-6). Dari data tanah tersebut dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebelah kanan sungai dan sebelah kiri sungai yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Selanjutnya nilai parameter tanah dapat dilihat pada gambar 4.2.





Gambar 4.2 Grafik Parameter Tanah Menurut Kedalaman (a) Berat Jenis Tanah Jenuh, (b) Kuat Geser Tanah, (c) Kadar Air, (d) *Specific Gravity*, (e) *Liquid Limit*, (f) Indeks Plastisitas, (g) Koefisien Konsolidasi, (h) Indeks Kompresi.
(Sumber: Hasil Analisa)

Sebaran data parameter tanah setiap kedalamannya dapat dilihat pada Gambar 4.3. Hasil statistika dapat dilihat pada Lampiran 1 dan hasil analisa parameter tanah dasar dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter Dasar Tanah

Kedalaman (m)	N-SPT	Cu (Kg/cm ²)	yt sat t/m ³	Wc %	Gs	LL %	PI %	Cv (cm ² /s)	Cc
1	2	0.1	1.753	42	2.62	46	16	0.00059	0.4
2.5	2.5	0.1	1.899	33	2.7	0	0	0.00093	0
3	3	0.17	1.630	52	2.55	59	23	0.00055	0.54
5	8	0.2	1.656	51	2.5	56	27	0.00054	0.41
9	10	0.41	1.680	49	2.52	57	26	0.00058	0.36

(Sumber: Hasil Analisa)

Nilai angka pori (e) ditentukan dengan menggunakan rumus $\gamma_{sat} = \frac{G_s \cdot \gamma_w (W_c + 1)}{1 + e}$. Berikut adalah contoh perhitungan e pada kedalaman 5 m:

$$1.656 = \frac{2,5 \times 1 (0,5 + 1)}{1 + e}$$

$$e = 1,280 \text{ gr/cm}^3$$

sehingga,

$$\gamma' = 0,5554 \text{ gr/cm}^3$$

Nilai indeks mengembang (Cs) diambil 1/10 dari indeks kompresi (Cc). Berikut adalah contoh perhitungan Cs pada kedalaman 5 m:

$$Cs = \frac{1}{10} \times 0.41$$

$$= 0,04$$

Hasil perhitungan parameter e dan Cs ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Parameter e dan Cs

Kedalaman (m)	yt sat t/m ³	Wc %	Gs	Cc	Cs	e
1	1.753	42	2.62	0.4	0.04	1.122
2.5	1.899	33	2.7	0	0.00	0.890
3	1.630	52	2.55	0.54	0.05	1.378
5	1.656	51	2.5	0.41	0.04	1.280
9	1.680	49	2.52	0.36	0.04	1.235

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.3 Data Timbunan Oprit

- Tinggi timbunan oprit : 5.5m, 8m, 10.5m
- Kemiringan (*slope*) melintang : 1: 2
- Kemiringan (*slope*) memanjang : 2,5%
- Lebar badan jalan rencana : 16,3 m
- Ø : 30⁰
- γ timbunan : 1,80 t/m³
- γ sat timbunan : 1,80 t/m³

4.4 Data Geotextile

Geotextile digunakan pada alternatif timbunan oprit trapesium dan sebagai dinding penahan tanah timbunan arah memanjang jembatan. *Geotextile* direncanakan menggunakan spesifikasi Unggul-Tex UW 250 dengan tensile strength 52 KN/m produksi PT. Teknindo Geosistem Unggul dan STABILENKA 200 dengan tensile strength 200 KN/m. Spesifikasi selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.5 Data Vertical Drain

Vertical drain yang digunakan adalah *Prefabricated Vertical Drain* merk CeTeau Drain CT-D812 produksi PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Weight = 70 g/m
- Thickness (a) = 100 mm
- Width (b) = 3 mm

Spesifikasi selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.6 Data Minipiles

Minipiles direncanakan menggunakan *minipiles* ATA BETON. Spesifikasi *minipiles* yang digunakan adalah *micropile* segi empat dengan dimensi 20x20 cm. Spesifikasi selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.7 Data Tiang Pancang

Tiang pancang untuk menahan *slab* beton menggunakan tiang pancang produksi wika diameter 60 cm.

BAB V

PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ALTERNATIF

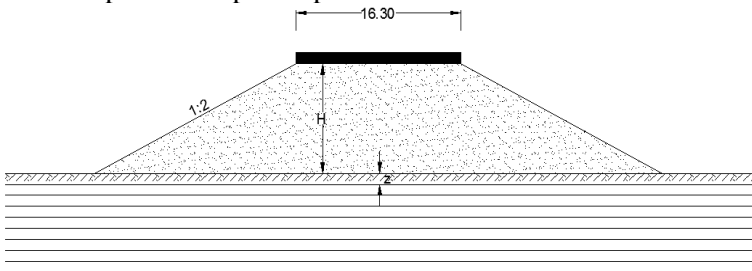
5.1 Perhitungan Besar Pemampatan (S_c) dan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$)

5.1.1 Alternatif Timbunan Miring

Suatu lapisan tanah dianggap mudah memampat apabila lapisan tanah tersebut berupa tanah lempung atau lanau dengan rentang konsistensi sangat lunak sampai dengan menengah (*very soft to medium stiff soil*).

Timbunan oprit direncanakan untuk sebelum dan sesudah sungai memiliki ketinggian yang sama. Dari profil lapisan tanah dasar yang ditunjukkan pada Bab IV, dapat diketahui kedalaman tanah asli yang merupakan lapisan *medium stiff* dengan SPT = 10. Maka, perhitungan besar *settlement* harus ditinjau sampai terdapat pada kedalaman 9 meter (*compressible soil*).

Tanah dasar dibagi dalam lapisan-lapisan dengan ketebalan $H=1$ m seperti ditampilkan pada Gambar 0.1



Gambar 0.1 Pembagian Lapisan Tanah Dasar Setiap 1m

Untuk mendapatkan nilai $H_{initial}$ dilakukan perhitungan pemampatan konsolidasi akibat variasi pemberian beban timbunan (q), beban merata *pavement* jalan, dan beban *traffic*. Variasi beban timbunan yang diberikan yaitu:

$$q \text{ timbunan} = 3 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 3 / \gamma_{\text{timb}} = 1.67 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan} = 5 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 5 / \gamma_{\text{timb}} = 2.78 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan} = 7 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 7 / \gamma_{\text{timb}} = 3.89 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan} = 9 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 9 / \gamma_{\text{timb}} = 5 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan} = 11 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 11 / \gamma_{\text{timb}} = 6.11 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan} = 13 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 13 / \gamma_{\text{timb}} = 7.22 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan} = 15 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 15 / \gamma_{\text{timb}} = 8.33 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan} = 17 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 17 / \gamma_{\text{timb}} = 9.44 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan} = 19 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 19 / \gamma_{\text{timb}} = 10.56 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan} = 21 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 21 / \gamma_{\text{timb}} = 11.67 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan} = 23 \text{ t/m}^2 \rightarrow h = 23 / \gamma_{\text{timb}} = 12.78 \text{ m}$$

Beban-bekan tersebut didistribusikan ke kedalaman tanah yang ditinjau (z) sebagai beban merata trapesium. Sedangkan untuk beban merata *pavement* jalan direncanakan tebal *pavement* 0.5 m dengan berat jenis aspal 2.4 t/m³, sehingga didapatkan q sebesar 1.2 t/m². Beban *pavement* tersebut akan disitribusikan sebagai beban merata persegi pada kedalaman (z). Untuk beban *traffic* menggunakan asumsi bahwa q *traffic* berkorelasi dengan tinggi timbunan yang direncanakan (Japan Road Association, 1986)

Lalu dihitung tegangan *overburden* efektif (σ'_o) dan distribusi tegangan akibat q total ($\Delta\sigma'$). Berikut adalah contoh perhitungan tegangan *overburden* efektif (σ'_o) akibat timbunan:

Pada lapisan 1:

$$H = 1 \text{ m}$$

$$Z = 0.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} (\sigma'_o) &= \gamma' \times Z \\ &= (0.753 \text{ t/m}^3) \times 0.5 \text{ m} \\ &= 0.377 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan σ'_o seluruhnya ditampilkan pada Lampiran 2.

Besar tegangan akibat beban timbunan ($\Delta\sigma'$) ditentukan dengan Persamaan 2.11. Berikut adalah contoh perhitungan tegangan akibat beban timbunan ($\Delta\sigma'$) dengan $q = 5 \text{ t/m}^2$:

Pada lapisan 1:

$$Z = 0,5 \text{ m}$$

$$B1 = \frac{\text{lebar jalan rencana}}{2}$$

$$= \frac{16,3 \text{ m}}{2}$$

$$= 8,15 \text{ m}$$

$$B2 = 2 \times H \text{ total}$$

$$= 2 \times 2,78 \text{ m}$$

$$= 5,56 \text{ m}$$

$$\alpha 1 = \tan^{-1} \left(\frac{B1+B2}{Z} \right) - \tan^{-1} x \left(\frac{B1}{Z} \right) \text{ (radian)}$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{8,15+5,56}{0,5} \right) - \tan^{-1} x \left(\frac{8,15}{0,5} \right) \text{ (radian)}$$

$$= 1,421^\circ$$

$$\alpha 2 = \tan^{-1} x \left(\frac{B1}{Z} \right) \text{ (radian)}$$

$$= \tan^{-1} x \left(\frac{8,15}{0,5} \right) \text{ (radian)}$$

$$= 86,489^\circ$$

$$q_0 = 5 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta \sigma' = \frac{q_0}{\pi} x \left[\left(\frac{B1+B2}{B2} \right) x (\alpha 1 + \alpha 2) - \left(\frac{B1}{B2} x \alpha 2 \right) \right]$$

$$= \frac{5,4}{\pi} x \left[\left(\frac{8,15+5,56}{5,56} \right) x (1,421 + 86,489) - \left(\frac{8,15}{5,56} x 86,489 \right) \right]$$

$$= 2,5 \text{ t/m}^2$$

$$2\Delta \sigma' = 2 \times 2,5 \text{ t/m}^2$$

$$= 5 \text{ t/m}^2$$

Hasil perhitungan $\Delta \sigma'$ untuk seluruh lapisan ditampilkan pada Lampiran 2.

Kemudian dilakukan perhitungan *settlement* yang terjadi akibat setiap q yang ditentukan. Perumusan yang digunakan adalah Persamaan 2.8 atau Persamaan 2.9. Berikut adalah contoh perhitungan *settlement* tanah dasar akibat beban timbunan sebesar $q = 5 \text{ t/m}^2$:

Pada lapisan 1:

$$H_i = 1 \text{ m}$$

$$C_c = 0,04$$

$$\begin{aligned}
C_s &= 0,004 \\
e_0 &= 1,122 \\
\sigma'_o &= 0,377 \text{ t/m}^2 \\
\Delta\sigma' &= 5 \text{ t/m}^2 \\
\sigma'_o + \Delta\sigma' &= 0,377 \text{ t/m}^2 + 5 \text{ t/m}^2 \\
&= 5,377 \text{ t/m}^2 \\
P \text{ fluktuasi} &= 2,8 \text{ t/m}^2 \\
\sigma_c' &= \sigma'_o + P \text{ fluktuasi} \\
&= 0,377 \text{ t/m}^2 + 2,8 \text{ t/m}^2 \\
&= 3,177 \text{ t/m}^2 \\
OCR &= \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \\
&= \frac{3,177 \text{ t/m}^2}{0,377 \text{ t/m}^2} \\
&= 8,436919 > 1 \rightarrow OC
\end{aligned}$$

$\sigma'_o + \Delta\sigma' > \sigma_c' \rightarrow$ menggunakan Persamaan 2.9. Sehingga:

$$\begin{aligned}
S_c &= \frac{C_s \cdot H_0}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_c'}{\sigma_{vo'}} + \frac{C_c \cdot H_0}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma}{\sigma_c'} \\
S_c &= \frac{0,004 \times 1}{1 + 1,122} \cdot \log \frac{3,177 \text{ t/m}^2}{0,377 \text{ t/m}^2} + \frac{0,04 \times 1}{1 + 1,122} \cdot \log \frac{5,377 \text{ t/m}^2}{3,177 \text{ t/m}^2} \\
S_c &= 0,06 \text{ m}
\end{aligned}$$

Total pemampatan yang terjadi dari seluruh layer tanah beban timbunan sebesar $q = 5 \text{ t/m}^2$ adalah sebesar 0,293 m.

Setelah tanah dasar mengalami pemampatan akibat beban timbunan, maka timbunan yang diletakkan akan menjadi lebih rendah dari elevasi rencana. Oleh sebab itu perlu dicari tinggi awal timbunan menggunakan Persamaan 2.14. Berikut adalah contoh perhitungan tinggi timbunan awal:

Untuk percobaan $q = 5 \text{ t/m}^2$ dengan $S_c \text{ total} = 0,293 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
H_{\text{inisial}} &= \frac{q + (S_c \times \gamma_{\text{timb}}) - (S_c \times \gamma'_{\text{timb}})}{\gamma_{\text{timb}}} \\
H_{\text{inisial}} &= \frac{5 + (0,293 \times 1,8) - (0,293 \times 0,8)}{1,8} \\
H_{\text{inisial}} &= 2,94 \text{ m}
\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan H_{inisial} , kemudian dihitung kembali besarnya pemampatan akibat beban *pavement* dengan kedalaman distribusi yang sudah disesuaikan dengan H_{inisial} yang sudah

didapat. Perumusan yang digunakan adalah Persamaan 2.8 atau Persamaan 2.9. Berikut contoh perhitungan *settlement* tanah dasar akibat beban *pavement* sebesar $q = 1,2 \text{ t/m}^2$:

Pada Lapisan 1:

$$z_i = 0,5 \text{ m}$$

$$z = H_{\text{initial}} + z_i = 2,94 + 0,5 = 3,44 \text{ m}$$

$$x = \infty \rightarrow m = x/z = \infty$$

$$y = 8,15 \text{ m} \rightarrow n = y/z = 8,15 / 3,44 = 2,369$$

Dari grafik pada Gambar 2.3 diperoleh $I = 0,237$. Karena I tersebut diambil di titik tengah beban terbagi rata maka perhitungan dengan Persamaan 2.13 untuk beban *pavement* total dapat dikali 4.

$$\begin{aligned}\Delta\sigma' &= 4 \times I \times q \\ &= 4 \times 0,237 \times 1,2 \text{ t/m}^3 \\ &= 1,1376 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_{vo} + \Delta\sigma' &= 0,377 \text{ t/m}^2 + 1,1376 \text{ t/m}^2 \\ &= 1,514 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\sigma'_{vc} = 3,177 \text{ t/m}^2$$

$\sigma'_{vo} + \Delta\sigma' < \sigma'_{vc} \rightarrow$ menggunakan Persamaan 2.8, didapatkan:

$$\begin{aligned}Sc &= \frac{Cs \cdot H_0}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'}{\sigma'_{vo}} \\ Sc &= \frac{0,004 \cdot 1}{1 + 1,122} \cdot \log \frac{1,514}{0,377} \\ &= 0,014 \text{ m}\end{aligned}$$

Total pemampatan yang terjadi dari seluruh layer tanah akibat beban *pavement* sebesar $q = 1,2 \text{ t/m}^2$ adalah sebesar 0,038 m.

Langkah-langkah tersebut diulang dengan menggunakan tinggi timbunan yang berbeda dan beban *pavement* jalan sebesar $1,2 \text{ t/m}^2$. Hasil perhitungan *settlement* untuk seluruh lapisan tanah ditampilkan pada Lampiran 3.

Selanjutnya menghitung tinggi final sesuai dengan Persamaan 2.15 yaitu :

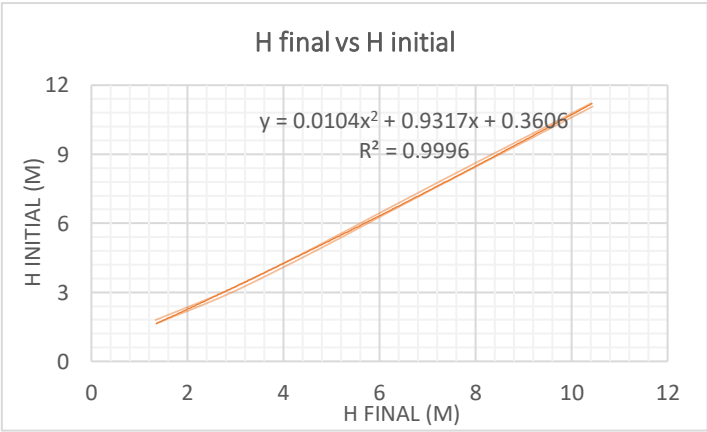
$$H_{\text{final}} = H_{\text{initial}} - Sc_{\text{akibat timbunan}} + \text{tebal } pavement - Sc_{\text{akibat pavement}}$$

Hasil perhitungan H_{final} disajikan dalam Tabel 0.1. Pada Gambar 0.2 ditampilkan grafik hubungan H_{final} dengan $H_{inisial}$ dan pada Gambar 0.3 ditampilkan grafik hubungan H_{final} dengan *Settlement*.

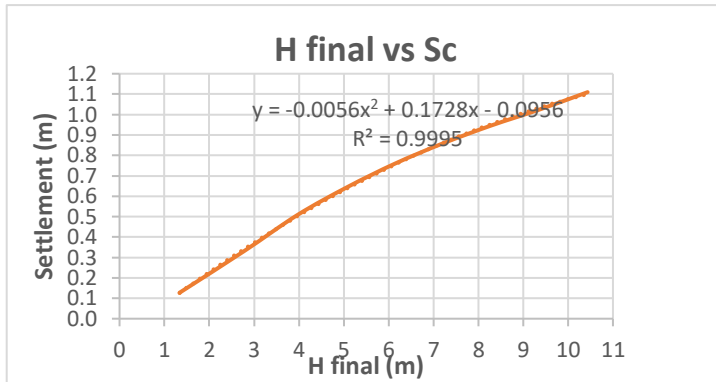
Tabel 0.1 Hasil Perhitungan $H_{initial}$, $H_{Bongkar\ Traffic}$ dan H_{final}
Alternatif Timbunan miring

q timb	Sc akibat q timb	H initial	Tebal Pavement	Sc akibat pavement	H final	Sc total
t/m2	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Direncanakan	Perhitungan	$(A+B)/\gamma t$	Direncanakan	Perhitungan	$C-B+E-F$	$B+F$
A	B	C	D	E	F	G
3	0.089	1.716	0.500	0.038	2.089	0.127
5	0.292	2.940	0.500	0.037	3.111	0.329
7	0.470	4.150	0.500	0.036	4.144	0.506
9	0.606	5.337	0.500	0.035	5.195	0.641
11	0.721	6.512	0.500	0.034	6.257	0.755
13	0.826	7.681	0.500	0.033	7.322	0.859
15	0.908	8.838	0.500	0.031	8.399	0.939
17	0.994	9.997	0.500	0.030	9.472	1.024
19	1.071	11.151	0.500	0.030	10.549	1.101

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 0.2 Grafik Hubungan H_{final} dengan $H_{inisial}$



Gambar 0.3 Grafik Hubungan H_{final} dengan *Settlement*

Dari grafik-grafik di atas dapat ditentukan $H_{initial}$ dan *settlement* yang terjadi pada Potongan 1, Potongan 2, dan Potongan 3 seperti tabel 5.2:

Tabel 5.2 $H_{initial}$ dan *Settlement* pada tiap Potongan

Potongan	H final	H initial	Sc akibat timb
	(m)	(m)	(m)
1	5.5	5.7	0.6
2	8	8.7	0.9
3	10.5	11.1	1.1

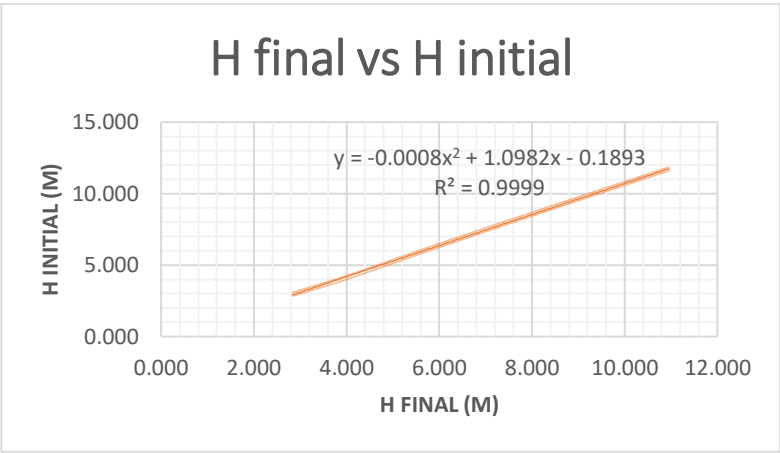
5.1.2 Alternatif Timbunan Tegak

Untuk perhitungan tinggi timbunan awal dan *settlement* pada alternatif 2 sama seperti langkah pada sub bab 5.1.1. Perhitungan perubahan tegangan akibat beban timbunan digunakan grafik pada Gambar 2.2. Hasil perhitungan besar timbunan awal dan *settlement* akibat timbunan, dan *pavement* ditampilkan pada Tabel 5.3.

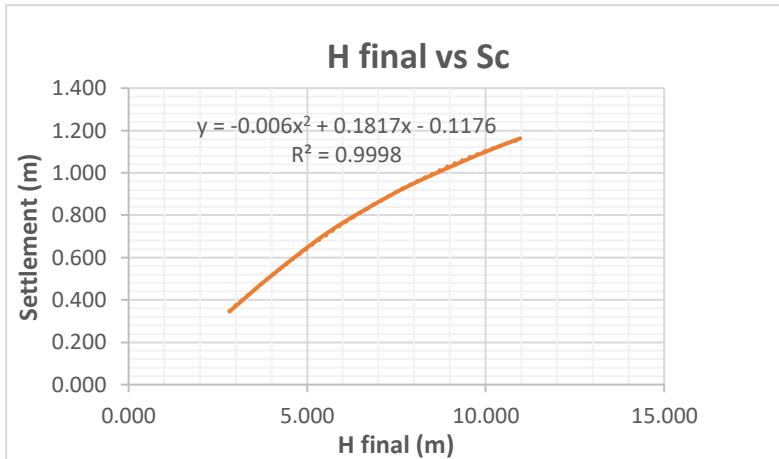
Tabel 0.3 Hasil Perhitungan $H_{initial}$, $H_{Bongkar\ Traffic}$ dan H_{final}
Alternatif Timbunan Tegak

q timb	Scakibat q timb	H initial	Tebal Pavement	Scakibat pavement	H final	Sc total
t/m2	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Direncanakan	Perhitungan	$(A+B)/\gamma t$	Direncanakan	Perhitungan	C-B+D-E	B+E
A	B	C	D	E	F	G
5	0.307	2.948	0.500	0.039	3.103	0.345
7	0.480	4.156	0.500	0.038	4.138	0.518
10	0.685	5.936	0.500	0.036	5.715	0.721
13	0.847	7.693	0.500	0.034	7.312	0.881
15	0.940	8.855	0.500	0.033	8.383	0.972
18	1.061	10.590	0.500	0.031	9.998	1.092
20	1.133	11.741	0.500	0.030	11.078	1.163

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 0.4 Grafik Hubungan H_{final} dengan $H_{initial}$ (Alternatif Timbunan Tegak)



Gambar 0.5 Grafik Hubungan H_{final} dengan *Settlement* (Alternatif Timbunan Tegak)

Dari grafik-grafik di atas dapat ditentukan $H_{inisial}$ dan *settlement* yang terjadi pada potongan 1, potongan 2, dan potongan 3 seperti tabel 5.4:

Tabel 5.4 $H_{initial}$ dan *Settlement* pada Masing-Masing Zona

Zona	H_{final}	$H_{initial}$	Sc akibat timb
	(m)	(m)	(m)
1	5.5	5.7	0.69
2	8	8.4	0.93
3	10.5	11.1	1.1

Perhitungan tinggi timbunan awal dan *settlement* untuk timbunan tegak ditampilkan pada Lampiran 5.

5.2 Perencanaan Perbaikan Tanah dengan PVD

5.2.1 Perhitungan Waktu Konsolidasi (t)

Waktu konsolidasi (t) dihitung dengan Persamaan 2.19. Berikut adalah contoh perhitungan untuk tanah dasar sebelum sungai:

$$t = \frac{T_v \cdot (H_{dr})^2}{C_v}$$

dengan:

$$T_v = 0,848 \text{ (Tabel 2.3)}$$

$$H_{dr} = 9 \text{ meter}$$

$$C_v = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left(\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}} \right)^2} \text{ (Persamaan 2.20)}$$

$$= 0,0005825 \text{ cm}^2/\text{detik}$$

$$= 0,00000005825 \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$= 1,837 \text{ m}^2/\text{tahun}$$

$$t = \frac{0,848 \cdot (9\text{m})^2}{1,837 \text{ m}^2/\text{tahun}}$$

$$= 7,537 \text{ tahun}$$

Karena waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi sebesar 90% sangat lama, maka diperlukan bantuan *vertical drain* untuk mempercepat waktu konsolidasi tersebut. Jenis *vertical drain* yang dipakai adalah *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Hasil perhitungan waktu konsolidasi ditampilkan pada Lampiran 5.

5.2.2 Perencanaan Prefabricated Vertical Drain (PVD)

Tujuan dari pemasangan PVD pada perencanaan ini adalah untuk membantu mempercepat proses pemampatan konsolidasi, sehingga dapat berlangsung dengan waktu yang relatif singkat.

Perencanaan PVD dalam Tugas Akhir ini menggunakan pola persegi dan pola segitiga, dengan jarak antar PVD (S) yang dihitung adalah 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; dan 2,25 meter.

5.2.2.1. Perencanaan PVD dengan Pola Segiempat

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan PVD pola segi empat dengan jarak S = 1 m:

- Menghitung Fungsi Hambatan PVD (F(n)) menggunakan Persamaan 2.23 atau Persamaan 2.24.

D = diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*.

$$= 1,13 \times S$$

$$= 1,13 \times 1$$

$$\begin{aligned}
&= 1,13 \text{ m} \\
dw &= 2(a+b)/\pi \\
&= 2(100+3)/\pi \\
&= 51,5 \text{ mm} \\
n &= D/dw \\
&= 1,13 / 0,0515 \text{ m} \\
&= 21,94 \\
F(n) &= \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - 3/4 - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right] \\
F(n) &= \left(\frac{21,94^2}{21,94^2 - 1^2} \right) \left[\ln(21,94) - 3/4 - \left(\frac{1}{21,94^2} \right) \right] \\
F(n) &= 2,338
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan D, n, dan F(n) untuk setiap jarak antar PVD ditampilkan pada Lampiran 4.

- Menghitung Derajat Konsolidasi (U_v) dengan PVD

Dalam hal ini besarnya U_v diasumsikan kurang dari 60% sehingga digunakan Persamaan 2.29 Sesuai dengan persamaan tersebut, untuk memperoleh nilai U_v maka terlebih dahulu perlu mengetahui nilai T_v . Nilai T_v didapat dari Persamaan 2.19.

$$\begin{aligned}
- C_v &= 0,0005825 \text{ cm}^2/\text{detik} \\
- t &= 1 \text{ minggu} = 604800 \text{ detik} \\
- H_{dr} &= 1 \text{ m} = 900 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_v &= \text{faktor waktu} = \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2} \\
&= \frac{1 \text{ minggu} \times (604800 \text{ detik}) \times 0,00000005825 \text{ m}^2/\text{detik}}{(9 \text{ m})^2} \\
&= 0,0004
\end{aligned}$$

U_v = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah vertikal

$$\begin{aligned}
&= \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \\
&= \left(2 \sqrt{\frac{0,0004}{\pi}} \right) \times 100\% \\
&= 0,0235
\end{aligned}$$

- Menghitung Derajat Konsolidasi (U_h) dengan PVD menggunakan Persamaan 2.21

$$\begin{aligned}
 - C_{vgab} &= 0,0005825 \text{ cm}^2/\text{dtk} \\
 - K_h/K_v &= 2 \\
 - \text{Lebar PVD (a)} &= 100 \text{ mm} \\
 - \text{Tebal PVD (b)} &= 3 \text{ mm} \\
 - d_w &= 51,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ch &= 2 \times C_v \\
 &= 2 \times 0,00000005825 \text{ m}^2/\text{detik} \\
 &= 0,000000117 \text{ m}^2/\text{minggu}
 \end{aligned}$$

$$U_h = \text{derajat konsolidasi tanah arah horizontal}$$

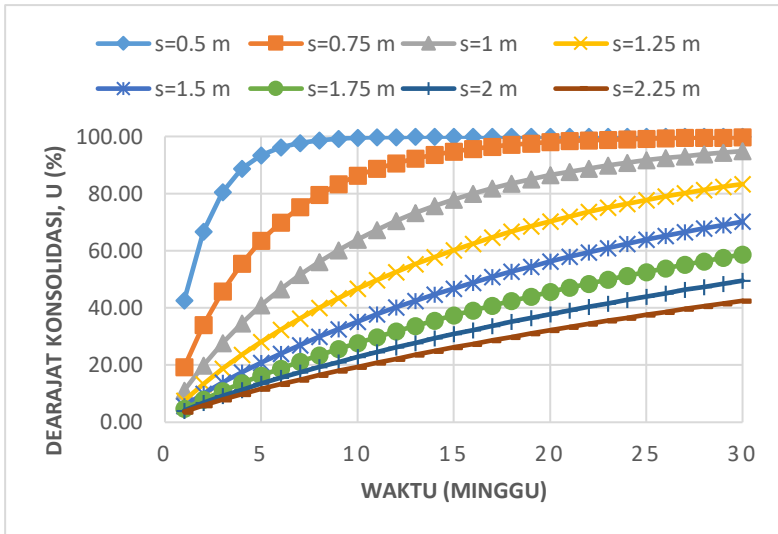
$$\begin{aligned}
 &= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{tx8xCh}{D^2x2xF(n)} \right)}} \right) \right] \\
 &= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{(1 \times 604800) \times 8 \times 0,000000117}{1,13^2 \times 2 \times 2,338} \right)}} \right) \right] \\
 &= 0,09
 \end{aligned}$$

- Menghitung Derajat Konsolidasi rata-rata (Urata-rata) dengan PVD menggunakan Persamaan 2.30

$$\begin{aligned}
 U \text{ rata-rata} &= (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\% \\
 &= (1 - (1 - 0,1288) \times (1 - 0,0256)) \times 100\% \\
 &= 11,15 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas dilakukan untuk seluruh jarak PVD (S). Hasil perhitungan derajat konsolidasi rata-rata (U) untuk pola segiempat pada setiap S ditampilkan pada Lampiran 4.

Pada gambar 5.6 ditampilkan grafik hubungan waktu dengan derajat konsolidasi dengan menggunakan PVD pola segiempat. Jarak antar PVD pola segiempat yang dipakai adalah 1 m.



Gambar 0.6 Grafik Hubungan Derajat Konsolidasi (U) dengan Waktu Timbunan dengan PVD Pola Segiempat

5.2.2.2. Perencanaan PVD dengan Pola Segitiga

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan PVD pola segi empat untuk sisi sebelum sungai dengan jarak $S=1$ m:

- Menghitung Fungsi Hambatan PVD ($F(n)$) menggunakan Persamaan 2.23 atau Persamaan 2.24.

D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*.

$$= 1,05 \times S \text{ (Lampiran 1)}$$

$$= 1,05 \times 1$$

$$= 1,05 \text{ m}$$

$$dw = 2(a+b)/\pi$$

$$= 2(100+3)/\pi$$

$$= 51,5 \text{ mm}$$

$$n = D/dw$$

$$= 1,05 \text{ m} / 0,0515 \text{ m}$$

$$= 20,388$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$F(n) = \left(\frac{20,388^2}{20,388^2 - 1^2} \right) \left[\ln(20,388) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{20,388} \right) \right]$$

$$F(n) = 2,265$$

Hasil perhitungan D, n, dan F(n) untuk setiap jarak antar PVD ditampilkan pada Lampiran 2.

- Menghitung Derajat Konsolidasi Tanah Akibat Aliran Air Arah Vertikal (U_v) dengan PVD

Dalam hal ini besarnya U_v diasumsikan kurang dari 60% sehingga digunakan Persamaan 2.29 Sesuai dengan persamaan tersebut, untuk memperoleh nilai U_v maka terlebih dahulu perlu mengetahui nilai T_v . Nilai T_v didapat dari Persamaan 2.19.

- $C_v = 0,0005825 \text{ cm}^2/\text{dtk}$
- $t = 1 \text{ minggu} = 604800 \text{ detik}$
- $H_{dr} = 9 \text{ m} = 900 \text{ cm}$

$$T_v = \text{faktor waktu} = \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2}$$

$$= \frac{1 \text{ minggu} \times (604800 \text{ detik}) \times 0,000000085 \text{ m}^2/\text{detik}}{(10 \text{ m})^2}$$

$$= 0,0005$$

$$U_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(2 \sqrt{\frac{0,0005}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= 0,0256$$

- Menghitung Derajat Konsolidasi Tanah Akibat Aliran Air Arah Horizontal (U_h) dengan PVD menggunakan Persamaan 2.21.

- $C_{vgab} = 0,0008509 \text{ cm}^2/\text{dtk}$
- $K_h/K_v = 2$
- Lebar PVD (a) = 100 mm

$$\begin{aligned}
& - \text{Tebal PVD (b)} = 3 \text{ mm} \\
& - d_w = 51,5 \text{ mm} \\
\text{Ch} &= 2 \times C_v \\
&= 2 \times 0,00000005825 \text{ m}^2/\text{detik} \\
&= 0,000000117 \text{ m}^2/\text{minggu}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
U_h &= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{tx8xCh}{D^2x2xF(n)} \right)}} \right) \right] \\
&= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{(1 \times 604800) \times 8 \times 0,000000117}{1,05^2 \times 2 \times 2,265} \right)}} \right) \right] \\
&= 0,1067
\end{aligned}$$

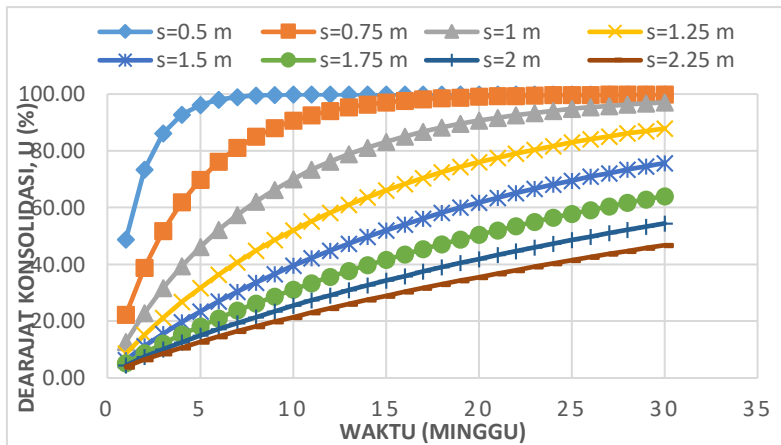
- Menghitung Derajat Konsolidasi rata-rata (Urata-rata) dengan PVD menggunakan Persamaan 2.30

$$\begin{aligned}
U \text{ rata-rata} &= (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\% \\
&= (1 - (1 - 0,152) \times (1 - 0,0256)) \times 100\% \\
&= 12,78 \%
\end{aligned}$$

Perhitungan diatas dilakukan untuk seluruh jarak PVD (S). Hasil perhitungan derajat konsolidasi rata-rata (U) untuk pola segitiga pada setiap S ditampilkan pada Lampiran 5.

Pada gambar 5.7 ditampilkan grafik hubungan waktu dengan derajat konsolidasi dengan menggunakan PVD pola segitiga. Jarak antar PVD pola segitiga yang dipakai adalah 1 m.

Jadi, PVD yang dipakai adalah menggunakan pola segitiga dengan jarak 1 m, karena jarak yang lebih besar menghasilkan kuantitas yang lebih sedikit, yang mengakibatkan biaya yang lebih sedikit pula.



Gambar 0.7 Grafik Hubungan Derajat Konsolidasi (U) dengan Waktu Timbunan dengan PVD Pola Segitiga

5.3 Alternatif Perencanaan Perkuatan Geotextile Pada Timbunan Miring

Seperti yang telah dijelaskan pada Sub bab 2.6 bahwa sebelum merencanakan perkuatan perlu diketahui peningkatan C_u akibat penimbunan.

5.3.1 Perhitungan Peningkatan Kohesi *undrained* (C_u)

Perhitungan peningkatan nilai C_u perlu dilakukan untuk menentukan apakah tanah dasar cukup mampu memikul beban timbunan dengan peningkatan nilai C_u akibat adanya penimbunan bertahap. Perhitungan tersebut dilakukan untuk menentukan apakah penimbunan dapat dilanjutkan atau harus dilakukan penundaan.

Kemudian dilakukan percobaan dengan memodelkan timbunan pada program GEOSTUDIO setinggi H_{kritis} 2,5 meter dengan asumsi C_u yang telah meningkat 5 minggu sehingga didapatkan $SF=1,422 > SF \text{ rencana} = 1,25$. Yang artinya tidak perlu ada penundaan. Percobaan dilakukan sampai didapatkan SF tidak aman atau kurang dari 1,25

dengan penambahan timbunan per 0,5 meter dengan nilai peningkatan Cu dari penimbunan tersebut. Dari percobaan *running* didapatkan timbunan dengan $SF=1,173 < SF$ rencana $=1,25$ ketika Cu telah meningkat di minggu ke 6 dengan timbunan setinggi 3 meter. Agar tidak terjadi penundaan, maka diperlukan adanya perkuatan tanah untuk mengatasi kelongsoran yang terjadi akibat penimbunan setelah 3 meter. Maka pada perencanaan perkuatan timbunan dipakai Cu 6 minggu. Hal ini dilakukan agar perencanaan perkuatan tidak terlalu boros seperti pada perencanaan menggunakan Cu awal tanah asli.

Menghitung kenaikan daya dukung tanah (akibat kenaikan harga Cu). Karena nilai $PI < 120\%$ maka digunakan Persamaan 2.70. Hasil perhitungan peningkatan nilai Cu ditmpilkan pada tabel 5.5 dan table 5.6.

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Peningkatan Nilai Cu minggu ke-6

$\Sigma \sigma_p'$ kg/cm2	Kedalaman (m)			PI %	Cu lama kg/cm2	Cu baru ana & Moc kg/cm2	Rata-Rata Cu kg/cm2
0.194	0	-	1	16.000	0.100	0.106	0.1028
0.280	1	-	2	16.000	0.100	0.120	0.1098
0.367	2	-	3	16.000	0.100	0.134	0.1169
0.445	3	-	4	23.000	0.170	0.142	0.1559
0.509	4	-	5	23.000	0.170	0.152	0.1608
0.574	5	-	6	27.000	0.200	0.158	0.1789
0.640	6	-	7	27.000	0.200	0.167	0.1837
0.706	7	-	8	27.000	0.200	0.177	0.1885
0.771	8	-	9	27.000	0.200	0.187	0.1933

(Sumber: Hasil Analisis)

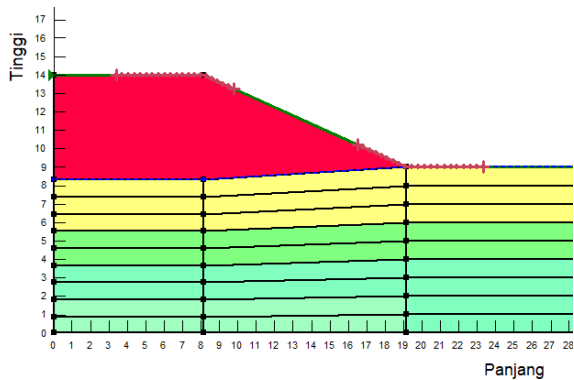
Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Peningkatan Nilai Cu minggu ke-22

$\Sigma \sigma_p'$	Kedalaman			PI	Cu lama	Cu baru	Cu Rata-rata
						(Ardana & Mochtar)	
kg/cm2	(m)			%	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
1.316	0	-	1	16	0.100	0.290	0.195
1.378	1	-	2	16	0.100	0.300	0.200
1.445	2	-	3	16	0.100	0.311	0.205
1.505	3	-	4	23	0.170	0.304	0.237
1.550	4	-	5	23	0.170	0.311	0.240
1.596	5	-	6	27	0.200	0.307	0.254
1.644	6	-	7	27	0.200	0.314	0.257
1.691	7	-	8	27	0.200	0.321	0.261
1.738	8	-	9	27	0.200	0.328	0.264

5.3.2 Perencanaan *Geotextile* sebagai perkuatan timbunan arah melintang

Geotextile digunakan sebagai perkuatan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar di bawah timbunan. Dalam perhitungan *geotextile* dibutuhkan nilai SF, jari-jari bidang longsor, momen resisten, koordinat titik pusat bidang longsor, dan momen dorong yang didapat dari hasil analisa program GEOSTUDIO. Selanjutnya menghitung kebutuhan *geotextile* untuk timbunan 8 m pada oprit miring dengan menggunakan nilai T_{allow} dikali jarak pasang masing-masing *geotextile* terhadap titik pusat jari-jari kelongsoran hingga memenuhi $\Delta M_R \leq T_{allow} \times \sum R_i$.

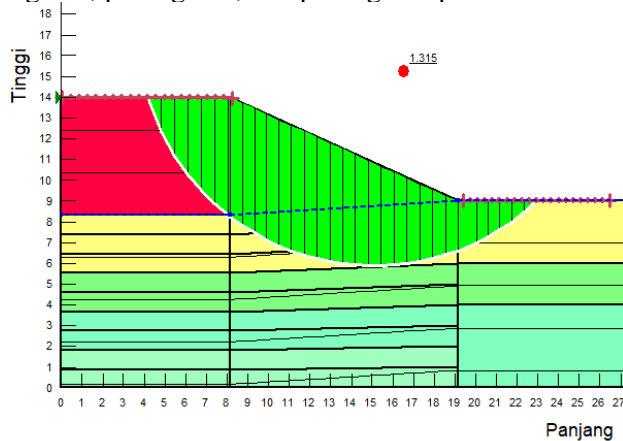
Simulasi dilakukan dengan kordinat *entry* dan *exit point* yang ditentukan dan nilai Cu yang sudah meningkat sampai 22 minggu waktu pemampatan u90%. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kebutuhan Momen *Resistance* (ΔM_R) yang paling besar, karena SF yang kecil belum tentu menghasilkan ΔM_R yang terbesar. Semakin besar ΔM_R menghasilkan kebutuhan perkuatan yang lebih besar. Pembagian zona *entry* dan *exit* pada analisis program bantu GEOSTUDIO ditampilkan pada gambar 5.9.



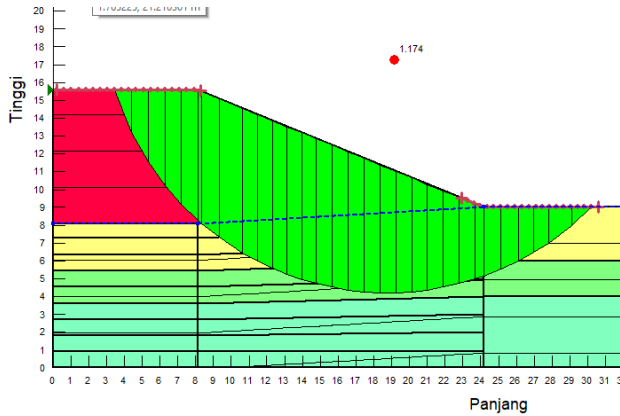
Gambar 5.9 Simulasi Program GEOSTUDIO pada Timbunan Jalan

Dari kombinasi entry dan exit analisa program GEOSTUDIO tersebut diperoleh nilai SF dan MR yang kemudian dapat dihitung nilai MD, $MR_{rencana}$, dan ΔMR dengan menggunakan Persamaan 2.32.

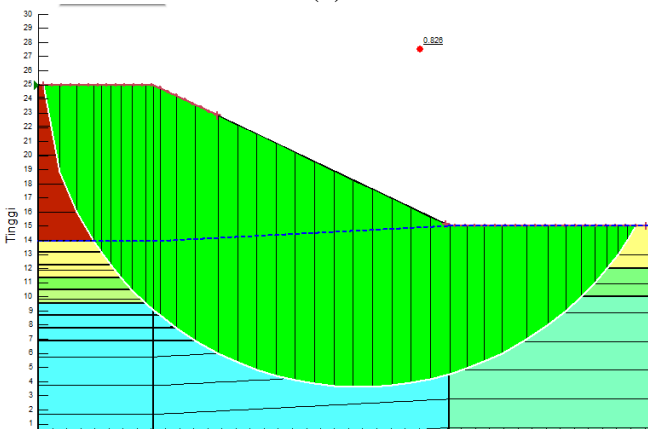
Dari hasil analisis tersebut, diperoleh gambar kelongsoran dengan nilai SF untuk timbunan oprit pada potongan 1, potongan 2, dan potongan 3 pada Gambar 0..



(a)



(b)



(c)

Gambar 0.12 Gambar Hasil Analisis Kelongsoran a) potongan 1; b) potongan 2; c) potongan 3 pada Alternatif Timbunan Miring

Karena SF terkritis dari potongan 2 dan potongan 3 tersebut kurang dari 1,25 maka diperlukan perkuatan timbunan.

Dari Program GEOSTUDIO kita mencoba beberapa nilai SF untuk setiap kelongsoran sehingga kita bisa mendapatkan berapa jumlah lapis geotextile yang diperlukan paling banyak.

Pada perencanaan ini digunakan *geotextile* dengan *Tensile Strength* (T_{ult}) sebesar 100 kN/m.

$$T_{allow} = T_{ultimate} \left[\frac{1}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \right]$$

$$\begin{array}{ll} FS_{id} &= 1.2 \\ FS_{cr} &= 2 \end{array} \qquad \begin{array}{ll} FS_{cd} &= 1.2 \\ FS_{bd} &= 1.2 \end{array}$$

$$\begin{aligned} T_{allow} &= 100 \left[\frac{1}{1.1 \times 2.2 \times 1.1 \times 1.1} \right] \\ &= 28.94 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Geotextile direncanakan dipasang tiap 25 cm dengan pertimbangan jumlah layer pada *geotextile* di tiap lapisannya tidak lebih dari 3. Hal ini dilakukan untuk mencegah gagalnya *geotextile* akibat gesekan antar *geotextile*. Berikut adalah contoh perhitungan untuk perencanaan perkuatan *geotextile* timbunan potongan 1.

- Menghitung jarak *geotextile* ke titik pusat kelongsoran (T_i)

T_i dihitung dengan Persamaan 2.33. Ordinat dasar kelongsoran dapat diketahui dari *output* program bantu GEOSTUDIO. Berikut adalah contoh perhitungan T_i untuk timbunan zona 1:

$$\begin{aligned} T_i &= 20.576 \text{ m} - 15 \text{ m} \\ &= 5.576 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menghitung jumlah lapisan *geotextile* yang dibutuhkan

Dengan Persamaan 2.38, untuk 1 m² tanah timbunan didapatkan:

$$\begin{aligned} M_{geotextile} &= 15.046 \text{ kN} \times 5.576 \text{ m} \times 1 \text{ lapis} \\ &= 83.896 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kemudian, $M_{\text{geotextile}}$ dikumulatikan dengan lapisan di atasnya, sehingga $\Sigma M_{\text{geotextile}} > \Delta MR$. Untuk hasil perhitungan jumlah lapisan *geotextile* yang seluruhnya ditampilkan pada Lampiran 6.

- Menghitung tegangan geser *geotextile* dengan tanah timbunan (τ_1)

Dengan mengetahui tegangan geser *undrained* tanah timbunan (Cu_1) dan sudut geser tanah timbunan (θ_1), maka τ_1 dapat dihitung dengan Persamaan 2.34.

$$Cu_1 = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_v &= 18 \text{ kN/m}^3 \times 5.5 \text{ m} \\ &= 99 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tan \theta_1 &= \tan(30^\circ) \\ &= 0,577\end{aligned}$$

maka:

$$\begin{aligned}\tau_1 &= Cu_1 + \sigma_v \cdot \tan \theta_1 \\ &= 0 + (99 \text{ kN/m}^2 \times 0,577) \\ &= 57,123 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Menghitung tegangan geser *geotextile* dengan tanah asli (τ_2)

Dengan mengetahui tegangan geser *undrained* tanah dasar (Cu_2) dan sudut geser tanah dasar (θ_2), maka τ_2 dapat dihitung dengan Persamaan 2.34.

$$\begin{aligned}Cu_2 &= \text{Tegangan geser tanah asli peningkatan 6 minggu} \\ &= 10,6 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \gamma_{\text{timb}} \times H \\ &= 18 \text{ kN/m}^3 \times 5.5 \text{ m} \\ &= 99 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tan \theta_2 &= \tan(5^\circ) \\ &= 0,087\end{aligned}$$

maka:

$$\begin{aligned}\tau_2 &= Cu_2 + \sigma_v \cdot \tan \theta_2 \\ &= 10,6 + (99 \text{ kN/m}^2 \times 0,087) \\ &= 19,213 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Menghitung panjang *geotextile* di belakang bidang longsor (L_e)

Panjang *geotextile* di belakang bidang longsor dicari menggunakan Persamaan 2.37:

sehingga:

$$L_e = (15.046 \text{ kN} \times 1,25) / [(99 \text{ kN/m}^2 + 19.213 \text{ kN/m}^2) \times 0,8] \\ = 0,176 \text{ m}$$

- Menghitung Panjang *Geotextile* di Depan Bidang Longsor (L_r)

Panjang *Geotextile* di Depan Bidang Longsor (L_r) ditentukan menggunakan program bantu AutoCAD untuk mempermudah perhitungan.

- Menghitung Panjang Lipatan *Geotextile* (L_o)

Panjang minimal lipatan *geotextile* yaitu sepanjang 1 meter. Berikut contoh perhitungan panjang lipatan *geotextile* (L_o):

$$L_o = (15.046 \text{ kN} \times 1,25) / 2 [(99 \text{ kN/m}^2 + 19.123 \text{ kN/m}^2) \times 0,8] \\ = 0,087 \text{ m}$$

Maka L_o pakai = 1 meter.

Dengan cara yang sama seperti di atas, maka perhitungan panjang *geotextile* untuk potongan 2 dapat dihitung. Untuk menghitung jumlah lapis *geotextile* yang dibutuhkan paling banyak memakai cara mencoba nilai SF yang ada pada program GEOSTUDIO. Nilai SF dengan jumlah kebutuhan geotekstil paling banyak yang digunakan. Rekapitulasi nilai SF dan kebutuhan geotekstil dapat dilihat di Tabel 5.9. Rekapitulasi jumlah kebutuhan *geotextile* potongan 2 dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** dan untuk panjang *geotextile* untuk timbunan potongan 2 pada Tabel 5.11. Perhitungan panjang dan jumlah *geotextile* yang dibutuhkan dapat dilihat pada Lampiran 6. Sketsa pemasangan *geotextile* untuk dan Zona 2 dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Geotekstil dengan nilai SF pada potongan 8m

No	SF stabil	Hasil Geostudio				Perhitungan			Jumlah Geotextile
		MR	MD	titik pusat		R	SF	MR	
		(kN.m)	(kN.m)	X	Y	m	rencana	rencana (kN.m)	
1	1.163	11993	10312.12	18.362	20.375	16.425	1.25	12890.15	897.1548
2	1.185	14121	11916.46	17.107	20.635	17.234	1.25	14895.57	774.5696
3	1.2	12330	10275	17.39	16.301	14.753	1.25	12843.75	513.75
4	1.22	14194	11634.43	16.141	16.342	15.526	1.25	14543.03	349.0328

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 0.7 Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan Geotextile pada Potongan 8m

H	Ti	Jumlah	ΔMR	ΔMR kum	M tahan	SF
(m)	(m)	lapis	(kNm)	(kNm)	(kNm)	
0	10.445	1	302.228	302.2280093	12295.23	1.192308
0.25	10.195	1	294.9942	597.2222222	12590.22	1.220915
0.5	9.945	1	287.7604	884.9826389	12877.98	1.24882
0.75	9.695	1	280.5266	1165.509259	13158.51	1.276023
1	9.445	1	273.2928	1438.802083	13431.80	1.302525

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 0.8 Hasil Perhitungan Panjang Geotextile pada potongan 8m

No	Hi = (H-Z)	Ti	σv	τ1	τ2	Le	Lo	Lo (pakai)	Lr	Ltotal
	m	m	kN/m2	kN/m2	kN/m2	m	m	m	m	m
1	8.67	10.445	156.06	90.101	32.453	0.369	0.184	1	15.56	17.00
2	8.42	10.20	151.56	87.503	87.503	0.258	0.129	1	15.36	17.00
3	8.17	9.945	147.06	84.905	84.905	0.266	0.133	1	15.16	17.00
4	7.92	9.695	142.56	82.307	82.307	0.275	0.137	1	14.95	17.00
5	7.67	9.445	138.06	79.709	79.709	0.284	0.142	1	14.728	17.00

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Geotekstil dengan nilai SF pada potongan 10.5m

No	SF stabil	Hasil Geostudio				Perhitungan			Jumlah Geotextile
		MR	MD	titik pusat		R	SF	MR	
		(kN.m)	(kN.m)	X	Y	m	rencana	rencana (kN.m)	
1	0.848	20245	23873.82	21.919	25.925	18.928	1.25	29842.28	9597.276
2	0.886	24343	27475.17	25.368	26.028	20.859	1.25	34343.96	10000.96
3	0.905	23639	26120.44	25.64	26.016	20.622	1.25	32650.55	9011.552
4	0.932	20953	22481.76	25.526	25.955	19.493	1.25	28102.2	7149.2
5	0.956	20187	21116.11	25.8	25.943	19.26	1.25	26395.14	6208.136

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 0.2 Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan *Geotextile* pada Potongan 10.5m

H (m)	Ti (m)	Jumlah lapis	Δ MR (kNm)	Δ MR kum (kNm)	M tahan (kNm)	SF
0	15.948	1	461.4583	461.4583333	24804.46	0.902795
0.25	15.698	1	454.2245	915.6828704	25258.68	0.919328
0.5	15.448	1	446.9907	1362.673611	25705.67	0.935597
0.75	15.198	1	439.7569	1802.430556	26145.43	0.951602
1	14.948	1	432.5231	2234.953704	26577.95	0.967344
1.25	14.698	1	425.2894	2660.243056	27003.24	0.982824
1.5	14.448	1	418.0556	3078.298611	27421.30	0.998039
1.75	14.198	1	410.8218	3489.12037	27832.12	1.012992
2	13.948	1	403.588	3892.708333	28235.71	1.027681
2.25	13.698	1	396.3542	4289.0625	28632.06	1.042107
2.5	13.448	1	389.1204	4678.18287	29021.18	1.056269
2.75	13.198	1	381.8866	5060.069444	29403.07	1.070169
3	12.948	1	374.6528	5434.722222	29777.72	1.083805
3.25	12.698	1	367.419	5802.141204	30145.14	1.097178
3.5	12.448	1	360.1852	6162.326389	30505.33	1.110287
3.75	12.198	1	352.9514	6515.277778	30858.28	1.123133
4	11.948	1	345.7176	6860.99537	31204.00	1.135716
4.25	11.698	1	338.4838	7199.479167	31542.48	1.148036
4.5	11.448	1	331.25	7530.729167	31873.73	1.160092
4.75	11.198	1	324.0162	7854.74537	32197.75	1.171885
5	10.948	1	316.7824	8171.527778	32514.53	1.183415
5.25	10.698	1	309.5486	8481.076389	32824.08	1.194681
5.5	10.448	1	302.3148	8783.391204	33126.39	1.205685
5.75	10.198	1	295.081	9078.472222	33421.47	1.216425
6	9.948	1	287.8472	9366.319444	33709.32	1.226901
6.25	9.698	1	280.6134	9646.93287	33989.93	1.237115
6.5	9.448	1	273.3796	9920.3125	34263.31	1.247065
6.75	9.198	1	266.1458	10186.45833	34529.46	1.256751

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 0.11 Hasil Perhitungan Panjang *Geotextile* pada potongan 10.5m

No	Hi = (H-Z) m	Ti m	qv kN/m2	τ_1 kN/m2	τ_2 kN/m2	Le m	Lo m	Lo (pakai) m	Lr m	L total m
1	11.08	15.948	199.44	115.147	46.449	0.280	0.140	1	20.14	22.00
2	10.83	15.70	194.94	112.549	112.549	0.201	0.100	1	19.98	22.00
3	10.58	15.448	190.44	109.951	109.951	0.206	0.103	1	19.81	22.00
4	10.33	15.198	185.94	107.353	107.353	0.211	0.105	1	19.62	21.00
5	10.08	14.948	181.44	104.754	104.754	0.216	0.108	1	19.42	21.00
6	9.83	14.698	176.94	102.156	102.156	0.221	0.111	1	19.21	21.00
7	9.58	14.448	172.44	99.558	99.558	0.227	0.114	1	19	21.00
8	9.33	14.198	167.94	96.960	96.960	0.233	0.117	1	18.79	21.00
9	9.08	13.948	163.44	94.362	94.362	0.240	0.120	1	18.57	20.00
10	8.83	13.698	158.94	91.764	91.764	0.246	0.123	1	18.360	20.00
11	8.58	13.448	154.44	89.166	89.166	0.254	0.127	1	18.142	20.00
12	8.33	13.198	149.94	86.568	86.568	0.261	0.131	1	17.916	20.00
13	8.08	12.948	145.44	83.970	83.970	0.269	0.135	1	17.682	19.00
14	7.83	12.698	140.94	81.372	81.372	0.278	0.139	1	17.440	19.00
15	7.58	12.448	136.44	78.774	78.774	0.287	0.143	1	17.190	19.00
16	7.33	12.198	131.94	76.176	76.176	0.297	0.148	1	16.932	19.00
17	7.08	11.948	127.44	73.578	73.578	0.307	0.154	1	16.666	18.00
18	6.83	11.698	122.94	70.979	70.979	0.318	0.159	1	16.392	18.00
19	6.58	11.448	118.44	68.381	68.381	0.331	0.165	1	16.110	18.00
20	6.33	11.198	113.94	65.783	65.783	0.344	0.172	1	15.820	18.00
21	6.08	10.948	109.44	63.185	63.185	0.358	0.179	1	15.522	17.00
22	5.83	10.698	104.94	60.587	60.587	0.373	0.187	1	15.216	17.00
23	5.58	10.448	100.44	57.989	57.989	0.390	0.195	1	14.902	17.00
24	5.33	10.198	95.94	55.391	55.391	0.408	0.204	1	14.580	16.00
25	5.08	9.948	91.44	52.793	52.793	0.428	0.214	1	14.250	16.00
26	4.83	9.698	86.94	50.195	50.195	0.450	0.225	1	13.912	16.00
27	4.58	9.448	82.44	47.597	47.597	0.475	0.237	1	13.566	16.00
28	4.33	9.198	77.94	44.999	44.999	0.502	0.251	1	13.212	15.00

(Sumber: Hasil Analisis)

Untuk potongan 5,5m tidak dihitung jumlah geotextile dikarenakan nilai SF yang sudah lebih dari 1,25, sehingga di asumsikan memakai 2 lapis geotextile. Dari nilai jumlah geotekstil tersebut perlu di cek kembali dengan permodelan yang dilakukan Cu tanah dasar meningkat sampai minggu 16 (asumsi penimbunan 0,5m per minggu) dan $T_{allow} = 50-70 \% T_{max}$. Selain itu nilai SF yang dikontrol sebesar 1,1 dengan asumsi timbunan belum difungsikan sehingga nilai SF diambil cukup untuk timbunan tidak terjadi longsor tanpa beban-beban yang terjadi sesuai fungsinya. Perhitungan jumlah kebutuhan geotekstil yang diperlukan untuk nilai-nilai SF yang didapatkan dari program GEOSTUDIO dapat dilihat pada table 5.8 dan Tabel 5.9.

Tabel 5.8 Perhitungan jumlah Kebutuhan Geotekstil pada
Dengan Cu 10 minggu

Hasil Geostudio						Perhitungan			Jumlah Geotextile
No	SF stabil	MR (kN.m)	MD (kN.m)	titik pusat X Y		R m	SF rencana	MR rencana (kN.m)	
1	1.001	3918.2	3914.286	14.073	17.354	11.565	1.25	4892.857	974.6571
2	1.024	4020.3	3926.074	14.477	17.367	11.604	1.25	4907.593	887.2928
3	1.045	5263.7	5037.033	14.513	17.755	12.806	1.25	6296.292	1032.592
4	1.064	6660.5	6259.868	14.161	18.133	13.986	1.25	7824.836	1164.336
5	1.089	4400.1	4040.496	14.398	17.068	11.164	1.25	5050.62	650.5198

Tabel 5.9 Perhitungan jumlah Kebutuhan Geotekstil pada
Dengan Cu 16 minggu

Hasil Geostudio						Perhitungan			Jumlah Geotextile
No	SF stabil	MR (kN.m)	MD (kN.m)	titik pusat X Y		R m	SF rencana	MR rencana (kN.m)	
1	1.06	11138	10507.55	17.567	20.38	16.44	1.1	11558.3	420.3019
2	1.082	12241	11313.31	17.148	16.331	15.32	1.1	12444.64	203.6396
3	1.099	12143	11049.14	15.375	16.323	15.163	1.1	12154.05	11.04914

Untuk potongan 10,5m tidak di cek dikarenakan dengan asumsi penimbunan 0,5m per minggu, membutuhkan waktu 21 minggu. Nilai Cu 21 minggu tidak terlalu berbeda dengan nilai Cu 22 minggu sehingga tidak dilakukan pengecekan. Dari Tabel 5.xx Dapat dilihat jumlah geotekstile yang dibutuhkan oleh timbunan dengan nilai Cu 10 minggu dan Cu 16 minggu tidak melebihi jumlah geotekstil dengan nilai Cu 22 minggu, sehingga perencanaan jumlah geotekstil pada timbunan 5,5m, 8m dan 10,5m dapat dilaksanakan.

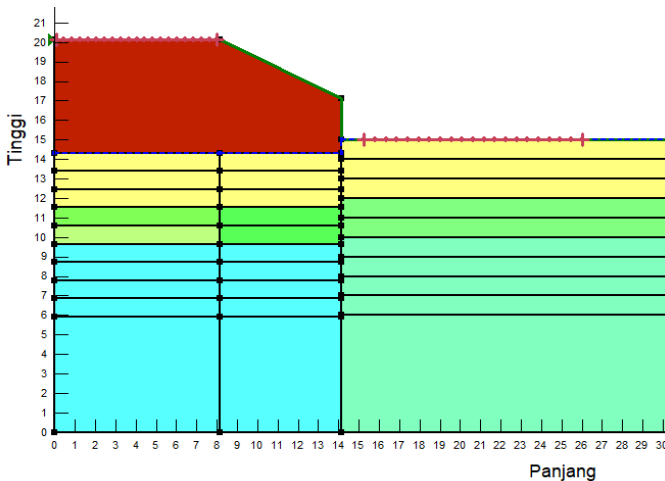
5.4 Alternatif Perencanaan Geowall

Pada Alternatif perkuatan timbunan arah melintang menggunakan *Geowall*. Karena timbunan merupakan timbunan tegak maka diperlukan adanya perkuatan sejak awal penimbunan. Dalam pelaksanaannya, penimbunan dilakukan secara bertahap sehingga perlu dihitung peningkatan Cu akibat pentahapan tersebut, serta diperlukan adanya pengecekan apakah dengan peningkatan Cu pada minggu tertentu dapat menahan timbunan pada tahapan di minggu tersebut. Nilai Cu nantinya digunakan

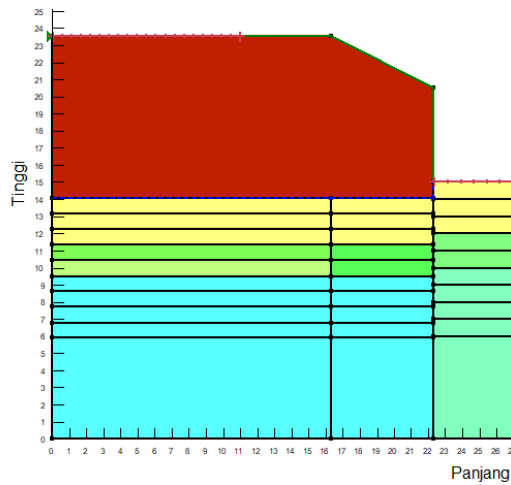
untuk mengecek apakah kontrol daya dukung tanah dasar terpenuhi.

5.4.1 Perencanaan Perkuatan Geotextile Pada Oprit Tegak

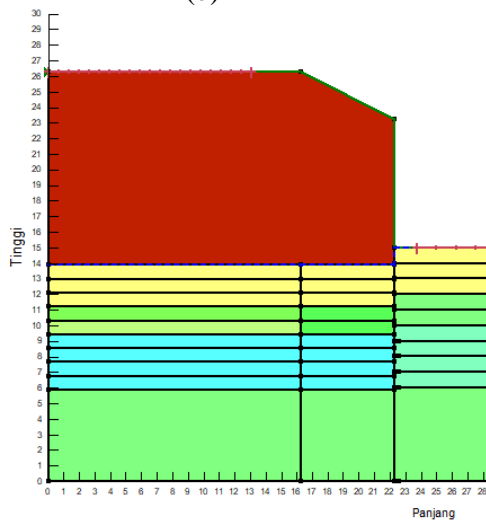
Sama seperti perhitungan geotextile pada oprit miring. Dalam perhitungan *geotextile* dibutuhkan nilai SF, jari-jari bidang longsor, momen resisten, koordinat titik pusat bidang longsor, dan momen dorong yang didapat dari hasil analisa program GEOSTUDIO. Pembagian zona *entry* dan *exit* pada analisis program bantu GEOSTUDIO ditampilkan pada gambar 5.13.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5.13 Gambar Hasil Analisis Kelongsoran a) potongan 5,5m; b) potongan 8m; c) potongan 10,5m pada Alternatif Timbunan Miring

Perhitungan geotekstil untuk oprit timbunan tegak menggunakan geotekstil produk stabilenka dengan $T_{ult}=200\text{kN/m}$. dengan menggunakan factor-faktor keamanan yang sama seperti pada perencanaan oprit timbunan miring maka perhitungan kuat Tarik ijin untuk $T_{ult}=200\text{ kN/m}$ adalah sebagai berikut:

$$T_{ult} = 200 \text{ kN/m}$$

$$T_{allow} = \frac{200}{1.2 \times 2 \times 1.2 \times 1.2}$$

$$T_{ult} = 57.87 \text{ kN/m}$$

Dengan metode perhitungan yang sama dengan perhitungan geotekstil timbunan miring, jumlah geotekstil pada potongan 5,5m, 8m, dan 10,5m dapat dilihat pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, dan Tabel 5.12.

Tabel 5.10 Perhitungan jumlah geotekstil pada Potongan 5,5m

Hasil Geostudio						Perhitungan			Jumlah
No	SF stabil	MR (kN.m)	MD (kN.m)	titik pusat		R	SF	MR	Δ MR
				X	Y	m	rencana	rencana	(kN.m)
									Lapis
1	1.056	2645.8	2505.492	14.137	20.54	8.532	1.25	3131.866	486.0655
2	1.082	2900.9	2681.054	13.456	20.547	8.6456	1.25	3351.317	450.417
3	1.104	4354.2	3944.022	14.085	23.4	11.337	1.25	4930.027	575.8272
4	1.125	3375.3	3000.267	13.015	20.566	9	1.25	3750.333	375.0333
5	1.148	3420.5	2979.53	14.396	20.576	9.189	1.25	3724.412	303.912

Tabel 5.11 Perhitungan jumlah geotekstil pada Potongan 8m

Hasil Geostudio						Perhitungan			Jumlah
No	SF stabil	MR (kN.m)	MD (kN.m)	titik pusat		R	SF	MR	Δ MR
				X	Y	m	rencana	rencana	(kN.m)
									Lapis
1	0.82	10317	12581.71	22.985	24.232	14.191	1.25	15727.13	5410.134
2	0.842	15162	18007.13	23.147	24.36	16.547	1.25	22508.91	7346.907
3	0.867	21392	24673.59	21.157	24.488	18.94	1.25	30841.98	9449.984
4	0.885	23602	26668.93	20.289	24.529	19.716	1.25	33336.16	9734.158
5	0.907	22681	25006.62	20.195	29.703	21.063	1.25	31258.27	8577.269

Tabel 5.12 Perhitungan jumlah geotekstil pada Potongan 10,5m

Hasil Geostudio						Perhitungan			Jumlah
No	SF stabil	MR (kN.m)	MD (kN.m)	titik pusat		R	SF	MR	Δ MR
				X	Y	m	rencana	rencana	(kN.m)
									Lapis
1	0.655	24427	37293.13	23.402	27.262	20.767	1.25	46616.41	22189.41
2	0.683	27506	40272.33	21.407	27.295	21.382	1.25	50340.41	22834.41
3	0.699	22631	32376.25	27.616	27.243	20.413	1.25	40470.31	17839.31
4	0.727	41880	57606.6	28.119	34.655	28.676	1.25	72008.25	30128.25
5	0.776	31749	40913.66	23.624	27.309	21.642	1.25	51142.07	19393.07

Setelah mendapatkan jumlah geotekstil dengan asumsi peningkatan nilai Cu 22 minggu perlu dicek kembali pada kondisi ketika timbunan itu selesai (dengan asumsi 0,5m perminggu). Hasil perhitungan pada minggu timbunan selesai dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14.

Tabel 5.13 Perhitungan jumlah geotekstil pada Potongan 5,5m.

No	SF stabil	Hasil Geostudio					Perhitungan			Jumlah Geotextile
		MR	MD	titik pusat		R	SF	MR	Δ MR	Lapis
		(kN.m)	(kN.m)	X	Y	m	rencana	rencana	(kN.m)	
1	0.84	2242	2669.048	12.996	20.543	8.5837	1.1	2935.952	693.9524	2
2	0.864	2633.6	3048.148	11.875	20.569	9.053	1.1	3810.185	1176.585	2
3	0.889	3810.7	4286.502	12.731	23.481	11.586	1.1	5358.127	1547.427	1
4	0.912	2896.2	3175.658	13.256	20.579	9.24	1.1	3969.572	1073.372	2
5	0.935	3311.9	3542.139	13.284	20.602	9.667	1.1	4427.674	1115.774	1

Tabel 5.14 Perhitungan jumlah geotekstil pada 8m.

No	SF stabil	Hasil Geostudio					Perhitungan			Jumlah Geotextile
		MR	MD	titik pusat		R	SF	MR	Δ MR	Lapis
		(kN.m)	(kN.m)	X	Y	m	rencana	rencana	(kN.m)	
1	0.708	6096.9	8611.441	21.972	24.114	12.08	1.25	10764.3	4667.401	7
2	0.727	9358.9	12873.31	21.375	24.2	14.224	1.25	16091.64	6732.744	10
3	0.747	12766	17089.69	22.147	24.336	16.093	1.25	21362.12	8596.115	13
4	0.804	18443	22939.05	18.559	24.466	18.531	1.25	28673.82	10230.82	16
5	0.83	13216	15922.89	17.671	24.331	15.997	1.25	19903.61	6687.614	10

1. Kontrol stabilitas *geotextile wall* sebagai perkuatan
 Pada perencanaan *geotextile wall* tanah dasar yang lunak, oleh karenanya kontrol stabilitas yang dihitung yaitu kontrol guling, geser, dan *overall stability*.

- a. Kontrol Guling (menggunakan Persamaan 2.57)

$$c \text{ timb} = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\delta = 25^\circ \text{ (Tabel 2.7)}$$

$$H = 5,67 \text{ meter}$$

Gaya-gaya pada dinding penahan dapat dilihat pada table 5.16

Tabel 5.16. Gaya-Gaya Pada Dinding Penahan

Tekanan Tanah		
σ_v	18.144	t/m2
σ_h	6.048	t/m2
P1	30.4819	t/m
$P1 \cos \delta$	26.3981	t/m
$P1 \sin \delta$	15.241	t/m
R1	3.36	m

$$\begin{aligned}
 W &= \text{berat tanah pada geotextile} \\
 &= \gamma_{\text{timb}} \times 10.5 \times 16 \\
 &= 20,24 \text{ t}
 \end{aligned}$$

Momen dorong terdiri dari:

Tabel 0.17 Perhitungan Momen Dorong (Potongan 10,5m)

Momen dorong ($P \cos \delta \times R$)		
$P1 \cos \delta \times R1$	88.698	tm /m
M_D	88.698	tm /m

(Sumber: Hasil Analisis)

Momen penahan terdiri dari:

Tabel 0.18 Perhitungan Momen Penahan (Potongan 10,5m)

Momen penahan($(P \sin \delta * x) + w * x$)		
$P1 \sin \delta * x$	60.964	tm /m
$w1 * x1$	604.8	tm /m
M_p	665.764	tm /m

(Sumber: Hasil Analisis)

$$\begin{aligned}
 \text{Angka Keamanan, SF} &= M_p / M_D \\
 &= 665.764 / 88.698 \\
 &= 7.5 > SF = 3 \text{ “OK”}
 \end{aligned}$$

Perhitungan perkuatan *geotextile wall* yang lebih terperinci dapat dilihat pada Lampiran 8

b. Kontrol Geser (Persamaan 2.54)

Gaya penahan terdiri dari:

Tabel 0.19 Perhitungan Gaya Penahan

Gaya Penahan ($P \sin \delta + w$)		
$P1 \sin \delta$	15.241	t/m
$w1$	604.8	t/m
P_p	620.041	t/m

(Sumber: Hasil Analisis)

Gaya pendorong terdiri dari:

Tabel 0.20 Perhitungan Gaya Pendorong

Gaya Pendorong ($P \cos \delta$)		
$P_1 \cos \delta$	26.398	t/m
P_D	26.398	t/m

(Sumber: Hasil Analisis)

Angka keamanan terhadap geser:

$$SF = \frac{c \times B \times 0,4 + (\sum wi + P \sin \delta) \tan \phi}{P \cos \delta}$$

B = lebar *geotextile* yang bersentuhan dengan tanah

$$SF = \frac{1,9 \times 8 + (620,04) \times \tan 5}{26,398}$$

$$SF = 2,668 < 1,5 \text{ "OK"}$$

c. Kontrol Daya Dukung (Persamaan 2.58)

$$\phi = 5^\circ$$

$$N_c = 6,5 \text{ (interpolasi dari Tabel 2.8)}$$

$$N_q = 1$$

$$N_\gamma = 0$$

$$C_u = 4 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma \text{ tanah dasar} = 1,753 \text{ t/m}^3$$

$$q_{ult} = (\gamma \cdot D) N_q + (c \cdot N_c / SF) \\ = 19,5 \text{ t/m}^2$$

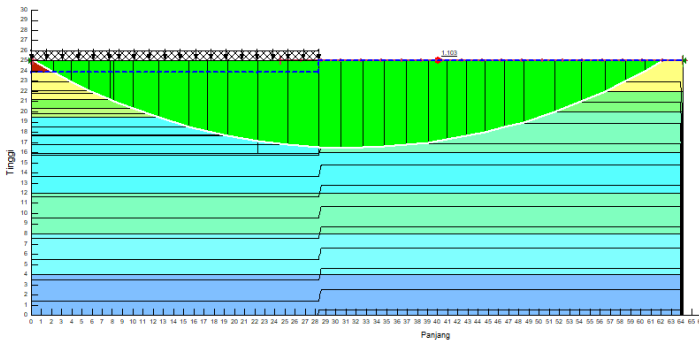
$$q_{act} = \gamma \cdot H = 18,9 \text{ t/m}^2$$

$$SF = q_{ult} / q_{act} = 1,03 < 1,5 \rightarrow \text{perlu cerucuk}$$

Perhitungan cerucuk akan dijelaskan pada sub bab berikutnya. Rekapitulasi Kebutuhan *geotextile wall* potongan 10,5m ditampilkan pada **Error! Reference source not found.**, zona 2 ditampilkan pada **Error! Reference source not found.**, dan untuk zona 3 Tabel 5.25. Perhitungan perkuatan timbunan menggunakan kombinasi *geotextile wall* ditampilkan pada Lampiran 8.

5.4.2 Perkuatan *micropile*/cerucuk untuk arah melintang

Pada alternatif perkuatan menggunakan *geotextile wall* perlu tambahan perkuatan *micropile* untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. *Micropile* juga digunakan agar timbunan aman terhadap *overall stability*. Analisa kestabilan dilakukan menggunakan program bantu *Geoslope* untuk mendapatkan SF, momen *resisting*, jari-jari kelongsoran, serta koordinat kelongsoran dengan kondisi terkritis. Hasil percobaan *running* dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Hasil percobaan *running*

Dari beberapa percobaan *running*, didapatkan SF terkritis = 1,03. Pada perencanaan ini digunakan *micropile* persegi dengan ukuran 20 x 20 cm dengan mutu beton K-450. Perhitungan perencanaan *micropile* yang digunakan untuk perkuatan tanah adalah :

- f_y = tegangan leleh tulangan
- = 400 MPa
- f'_c = tegangan kekuatan beton
- = 45 Mpa
- D = diameter tulangan memanjang *micropile*
- = 16 mm
- ϕ = diameter tulangan sengkang *micropile*
- = 6 mm

$$\begin{aligned} d' &= \text{tebal selimut beton} \\ &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{jumlah tulangan tarik} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{jumlah tulangan tekan} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{jarak pemasangan tulangan sengkang} = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As tarik} &= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\ &= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tarik} &= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\ &= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' - (1/2 \times D) - \phi \\ &= (20 \times 10) - 40 - (1/2 \times 16) - 6 \\ &= 146 \text{ mm} \end{aligned}$$

• Menghitung Momen *Ultimate Micropile* (Mu)

$$\text{gaya tekan} = \text{gaya tarik}$$

$$0,85 \times f'c \times b \times a = \text{As tarik} \times f_y$$

$$a = \frac{402,124 \text{ mm}^2 \times 400}{0,85 \times 45 \text{ MPa} \times (20 \text{ cm} \times 10)}$$

$$a = 21,03 \text{ mm}$$

gaya tekan:

$$\begin{aligned} C &= 0,85 \times 45 \text{ MPa} \times (20 \text{ cm} \times 10) \times 21,03 \text{ mm} \\ &= 160849,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen nominal (Mn):

$$Mn = C \left(d - \frac{a}{2} \right) + As' \times f_y (d - d')$$

$$\begin{aligned} &= 160849,5 \times \left(40 - \frac{21,03 \text{ mm}}{2} \right) + 402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ MPa} \\ &\times (146 \text{ mm} - 40) \end{aligned}$$

$$= 38843067 \text{ Nmm}$$

Momen ultimate (Mu)

$$Mu = \phi \times Mn$$

$$= 0,8 \times 38843067 \text{ Nmm}$$

$$= 31074454 \text{ Nmm}$$

$$= 3,107 \text{ tm}$$

(Sumber: Hasil Analisis)

- Menghitung Panjang *micropile* (L)

Untuk menghitung panjang *micropile* yang digunakan perlu dicari kedalaman kelongsoran dengan SF sebesar SF rencana.

Dari gambar xx dapat diketahui bahwa kedalaman kelongsoran SF rencana tidak lebih dari kedalaman kelongsoran SF minimum. Maka dari itu, dipakai kedalaman praktis 2-3 meter di bawah bidang longsor kritis. Untuk Panjang di atas bidang longsor dicari menggunakan program AutoCAD, didapatkan:

$$L_a \text{ (di atas bidang longsor)} = 3,65 \text{ meter}$$

Direncanakan panjang di bawah bidang longsor, $L_b = 2$ meter

Maka di dapatkan panjang (L) cerucuk $= 3,65 + 2 \approx 6$ meter.

- Menghitung Gaya Penahan (*Resisting*)

Faktor modulus tanah (f)

C_u = Tahanan geser tanah asli

C_u (pada garis longsor) $= 0,29 \text{ kg/cm}^2$

$$q_u = 2 \times C_u$$

$$= 2 \times 0,29 \text{ Kg/cm}^2$$

$$= 0,58 \text{ Kg/cm}^2$$

dengan Grafik NAVFAC, DM-7, 1971 seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.13, maka didapat:

$$f = 0,192 \text{ kg/cm}^3$$

Momen inersia (I)

$$I = \frac{1}{12} b x h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 20 \times 20^3$$

$$= 13333,333 \text{ cm}^4$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = 315285.5848 \text{ kg/cm}^2$$

Faktor Kekakuan Relatif (T) (Persamaan 2.61)

$$\begin{aligned}
 T &= (EI/f)^{1/5} \\
 &= (315285.5848 \text{ kg/cm}^2 \times 13333,333 \text{ cm}^4 / 0,096 \\
 &\quad \text{Kg/cm}^3)^{1/5} \\
 &= 134,36 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Koefisien Momen Akibat Gaya Lateral (F_M)

$$Lb/T = 2 \times 100 / 134,36 = 1,5$$

$$Z = 0 \text{ m}$$

Berdasarkan Grafik NAVFAC, DM-7, 1971 seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.14, maka didapat:

$$F_M = 1$$

- Menghitung Gaya Horizontal yang Mampu Dipikul 1 Buah *Micropile*

$$P_{\max 1 \text{ cerucuk}} = \frac{M_{p \max 1 \text{ cerucuk}}}{F_M \times T} \times F_k \quad (\text{Persamaan 2.65})$$

$$M_{p \max} = M_u = 3,107 \text{ tm}$$

Faktor Koreksi (F_k) dihitung menggunakan Persamaan 2.66 dan Tabel 2.9.

$$X_t = Lb/D = 2 \text{ m} \times 100 / 20 = 10$$

$$Y_t = 0,65$$

$$X_D = D/T = 20/134,36 = 0,15$$

$$Y_D = 46,616 (X_D) - 3,582$$

$$= 46,616 (0,15) - 3,582$$

$$= 3,3 > Y_{D \max}, \text{ maka dipakai } Y_{D \max} = 2$$

$$\text{Spasi cerucuk direncanakan} = 5D = 5 \times 20 = 100 \text{ cm}$$

$$X_s = S/D = 100/20 = 5$$

$$Y_s = -0,057(X_s)^2 + 0,614 X_s - 0,658$$

$$= -0,057(5)^2 + 0,614 (5) - 0,658$$

$$= 0,987$$

X_n : jumlah cerucuk asumsi dimana nilainya konvergen jika n asumsi = n hitung (Persamaan 2.68)

$$X_n = 2$$

$$Y_n = -0,045 X_n + 1,051$$

$$= -0,045 (2) + 1,051$$

$$= 0,957$$

$$\begin{aligned}
 F_k &= 2,3 \times Y_t \times Y_D \times Y_S \times Y_n \\
 &= 2,3 \times 0,65 \times 2 \times 0,987 \times 0,957 \\
 &= 2,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\max 1 \text{ cerucuk}} &= \frac{3,107}{1 \times \left(\frac{134,36}{100}\right)} \times 2,82 \\
 &= 6,53 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Jumlah *Micropile* yang Dibutuhkan

$$H_{\text{inisial}} = 6,8 \text{ m}$$

$$SF_{\min} = 1,131$$

$$MR_{\min} = 5489,2 \text{ kNm}$$

$$R_{\text{(jari-jari)}} = 13,254 \text{ m}$$

$$SF_{\text{rencana}} = 1,3$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{dorong}} &= MR_{\min} / SF_{\min} \\
 &= 5489,2 \text{ kNm} / 1,131 \\
 &= 4853,404 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{(SF \text{ yang diinginkan} - SF \text{ yang ada}) \times MD}{P_{\max 1 \text{ cerucuk}} \times R} \text{ (Persamaan 2.68)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(1,4 - 1,131) \times 4853,404}{6,53 \times 13,254} \\
 &= 1,5 \text{ buah / meter tegak lurus gambar} \approx 2 \text{ buah/m}
 \end{aligned}$$

(n asumsi konvergen dengan n hitung)

maka dipakai jumlah cerucuk per meter sebanyak 2 buah.

Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan cerucuk untuk oprit tegak ditampilkan pada Tabel 5.24.

Tabel 0.24 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kebutuhan Cerucuk Potongan 10,5m

Hasil Geoslope						Perhitungan			
No	F Geoslop	MR (kN.m)	MD (kN.m)	titik pusat		R	SF	MR	Δ MR
				X	Y	m	rencana	rencana	(kN.m)
									tiang
1	1.103	99679	90370.81	31.196	77.062	60.58	1.25	112963.5	13284.51
2	1.115	83688	75056.5	28.13	72.244	54.974	1.25	93820.63	10132.63
3	1.138	73318	64427.07	26.152	68.92	51.107	1.25	80533.83	7215.831
4	1.158	68460	59119.17	25.164	67.258	49.173	1.25	73898.96	5438.964
5	1.177	63011	53535.26	24.265	43.049	30.081	1.25	66919.07	3908.074

(Sumber: Hasil Analisis)

Perhitungan percobaan kebutuhan cerucuk masing-masing SF ditampilkan pada Lampiran 7. Gambar pemasangan perkuatan kombinasi *geotextile* dan cerucuk dapat dilihat pada Lampiran 11.

5.5 Perencanaan *Geotextile Wall* Arah Memanjang Jalan

Direncanakan *geotextile* sebagai dinding penahan pada timbunan ke arah sungai. *Geotextile* yang digunakan sama dengan *geotextile* sebagai perkuatan timbunan arah melintang yaitu tipe UW-250. Konstruksi ini akan dipasang pada tanah yang sudah kuat yaitu tanah yang sudah diberi perkuatan *micropile*. Adapun perhitungan kebutuhan *geotextile wall* sama dengan perhitungan perkuatan *geogrid* pada Sub bab 5.4.1.

5.5.1 Perencanaan *Geotextile Wall*

Pada perencanaan perkuatan arah memanjang jalan direncanakan jarak antar *geotextile* kelipatan 0,25 m sama dengan pada perencanaan perkuatan arah melintang jalan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam pelaksanaan.

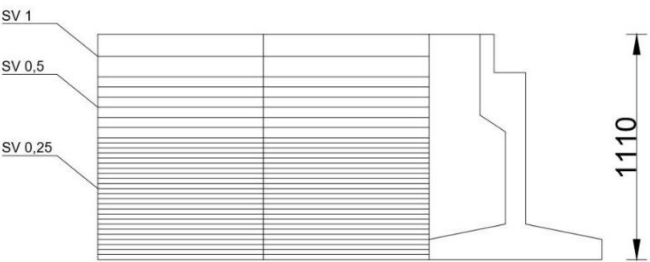
Geotextile wall direncanakan hanya berfungsi sebagai dinding penahan tanah, sedangkan untuk kontrol terhadap *overall stability* akan ditahan oleh *micropile*. Kebutuhan biaya akan lebih banyak jika *geotextile* difungsikan sebagai perkuatan karena panjang *geotextile* harus memotong bidang longsor serta untuk mencapai SF rencana juga masih diperlukan tambahan bantuan dari cerucuk. Berikut hasil perhitungan kebutuhan *geotextile wall*:

Pada alternatif 1:

Jumlah Lapis *geotextile* = 55 lapis

Panjang tiap lapis = 18 m

Hasil Perhitungan *geotextile wall* untuk alternatif 1 dan alternatif 2 dapat dilihat pada Lampiran 6. Sketsa pemasangan ditampilkan pada gambar 5.15



(a)

Gambar 0.15 Sketsa Pemasangan *Geotextile Wall* pada (a)
Potongan 10,5m

5.5.2 Perkuatan *Minipile*/Cerucuk Untuk Arah Memanjang Jalan

Perhitungan perkuatan *micropile* untuk arah memanjang sungai sama dengan perhitungan pada Sub bab 5.4.4. Hasil perhitungan kebutuhan *micropile* untuk arah memanjang jalan dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 0.25 Hasil Perhitungan Kebutuhan Cerucuk Arah Memanjang jalan (Potongan 10,5m)

Hasil Geoslope							Perhitungan			
No	F Geoslop	MR (kN.m)	MD (kN.m)	titik pusat X	Y	R m	SF rencana	MR rencana	Δ MR (kN.m)	Jumlah minipile t
1	1.103	99679	90370.81	31.196	77.062	60.58	1.25	112963.5	13284.51	2
2	1.115	83688	75056.5	28.13	72.244	54.974	1.25	93820.63	10132.63	1
3	1.138	73318	64427.07	26.152	68.92	51.107	1.25	80533.83	7215.831	1
4	1.158	68460	59119.17	25.164	67.258	49.173	1.25	73898.96	5438.964	1
5	1.177	63011	53535.26	24.265	43.049	30.081	1.25	66919.07	3908.074	1

(Sumber: Hasil Analisis)

5.6 Pemilihan Alternatif Berdasarkan Biaya Material Termurah

5.6.1 Perhitungan Total Biaya Material pada Alternatif 1

Pada alternatif 1, digunakan PVD pola segitiga jarak 1 meter, perkuatan geotextile untuk timbunan oprit arah melintang dengan bentuk timbunan miring, perkuatan kombinasi geotextile wall. Total kebutuhan dan biaya material pada alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 5.26

Tabel 5.26 Total Kebutuhan dan Biaya Material Alternatif 1

Geotextile (alternatif miring)			
3-5,5m	4800	m2	Rp 208,800,000
5,5-8m	22000	m2	Rp 957,000,000
8-10,5m	151200	m2	Rp 6,577,200,000
Total	178000	m2	Rp 7,743,000,000
Timbunan (alternatif miring)			
Total	64157.5	m3	Rp 4,481,593,848
PVD (alternatif miring)			
Total	12120	titik	Rp 42,420,000
Total Biaya			Rp12,267,013,848

5.6.2 Perhitungan Total Biaya Material Pada Alternatif 2

Pada alternatif 2, digunakan PVD pola segitiga jarak 1 meter, perkuatan geotextile untuk timbunan oprit arah melintang dengan bentuk timbunan tegak, perkuatan kombinasi *minipiles*. Total kebutuhan dan biaya material pada alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 5.27

Tabel 5.27 Total Kebutuhan dan Biaya Material Alternatif
2

Geotextile wall (alternatif 2)			
3-5,5m	25470	m2	Rp 1,938,903,750
5,5-8m	76410	m2	Rp 5,816,711,250
8-10,5m	155650	m2	Rp 11,848,856,250
Total	257530	m2	Rp 19,604,471,250
Timbunan (alternatif tegak)			
Total	51914	m3	Rp 3,626,348,642
Tiang pancang			
Total	200	buah	Rp 300,000,000
PVD (alternatif 2)			
Total	8490	titik	Rp 29,715,000
Total Biaya			Rp 23,560,534,892

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Besar pemampatan dan H initial yang terjadi pada setiap alternatif adalah sebagai berikut:

Tabel 6.1 H initial dan Settlement pada Masing-Masing
Zona Alternatif 1

Zona	H final	H initial	Sc akibat timb
	(m)	(m)	(m)
1	5.5	5.6	0.6
2	8	8.4	0.8
3	10.5	11.1	1.1

Tabel 6.1 H initial dan Settlement pada Masing-Masing
Zona Alternatif 2

Zona	H final	H initial	Sc akibat timb
	(m)	(m)	(m)
2	5.5	5.7	0.6
3	8	8.67	0.9
4	10.5	11.1	1.1

2. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% ($U=90\%$) adalah 9,35 tahun. Waktu tersebut sangat lama, sehingga dibutuhkan perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk percepatan waktu konsolidasi dan didapatkan PVD pola segitiga jarak 1 m. Waktu *preloading* d untuk mencapai derajat konsolidasi 90% membutuhkan selama 22 minggu.

3. Pada perencanaan perkuatan tanah dengan *geotextile* didapatkan hasil sebagai berikut:
 - Untuk alternative oprit miring pada potongan :
 5,5m dibutuhkan 2 lapis geotekstile
 8m dibutuhkan 5 lapis geotekstile
 10,5m dibutuhkan 28 lapis geotekstile
 - Untuk alternative oprit tegak pad potongan :
 5,5m dibutuhkan 2 lapis geotekstil
 8m dibutuhkan 27 lapis geotekstil
 10,5m dibutuhkan 55 lapis geotekstil
4. Pada perencanaan perkuatan *geotextile wall*, dibutuhkan tambahan perkuatan berupa *micropiles*/cerucuk. Berikut hasil perhitungan perencanaan perkuatan kombinasi *geotextile wall* dan *micropiles*/cerucuk:
 - Pada potongan 10,5m
 Kebutuhan cerucuk = 3 buah/m (2 sisi)
 Panjang cerucuk = 12 meter
5. Alternatif perkuatan yang memiliki biaya material paling murah adalah alternatif 1 dengan total biaya Rp12,267,013,848.

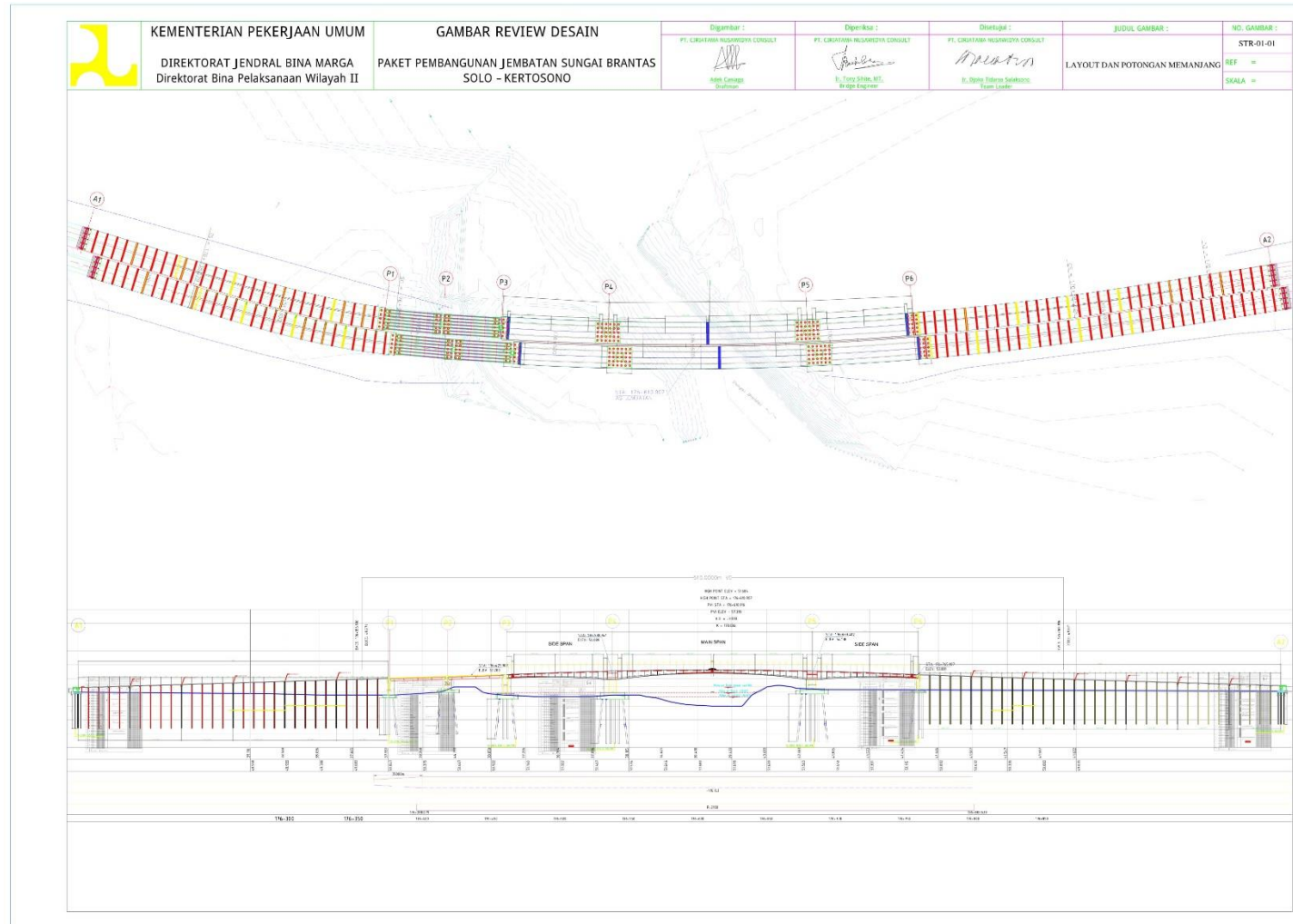
6.2 Saran

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa, penulis memberikan saran yaitu :

1. Pada perencanaan oprit dan *abutment* selanjutnya dapat digunakan turap pada saat pelaksanaan sebagai dinding penahan tanah timbunan oprit agar pekerjaan oprit dan pemancangan pondasi *abutment* dapat dilakukan bersamaan.
2. Perencanaan timbunan sebaiknya mempertimbangkan lokasi di sekitar.
3. Pada perhitungan biaya untuk perencanaan selanjutnya dapat diperhitungkan biaya pelaksanaan.

LAMPIRAN 1

LOKASI PERENCANAAN





PAKET PEMBANGUNAN JEMBATAN SUNGAI BRANTAS
SOLO - KERTOSONO

PT. CIRIATAMA NUSAWIDYA CONSULTING

Jr. Tony Shine, MT,
Reading, Minnesota

PT. CIRIATAMA NUSAWIDYA CONSULING

Maatun

Ir. Djoko Tidarso Satriaseno

DATA PROFIL TANAH A1

STR-01-02
REF =
SKALA =





KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM

DIREKTORAT JENDRAL BINA MARGA
Direktorat Bina Pelaksanaan Wilayah II

GAMBAR REVIEW DESAIN

PAKET PEMBANGUNAN JEMBATAN SUNGAI BRANTAS
SOLO - KERTOSONO

Digambar :

PT. CIBATAMA NUSAWIDYA CONSULT

Andik Canggih
Draftman

Diperiksa :

PT. CIBATAMA NUSAWIDYA CONSULT

Ir. Tony Shide, MT.
Bridge Engineer

Disetujui :

PT. CIBATAMA NUSAWIDYA CONSULT

Ir. Dinda Talarita Solikawati
Team Leader

JUDUL GAMBAR :

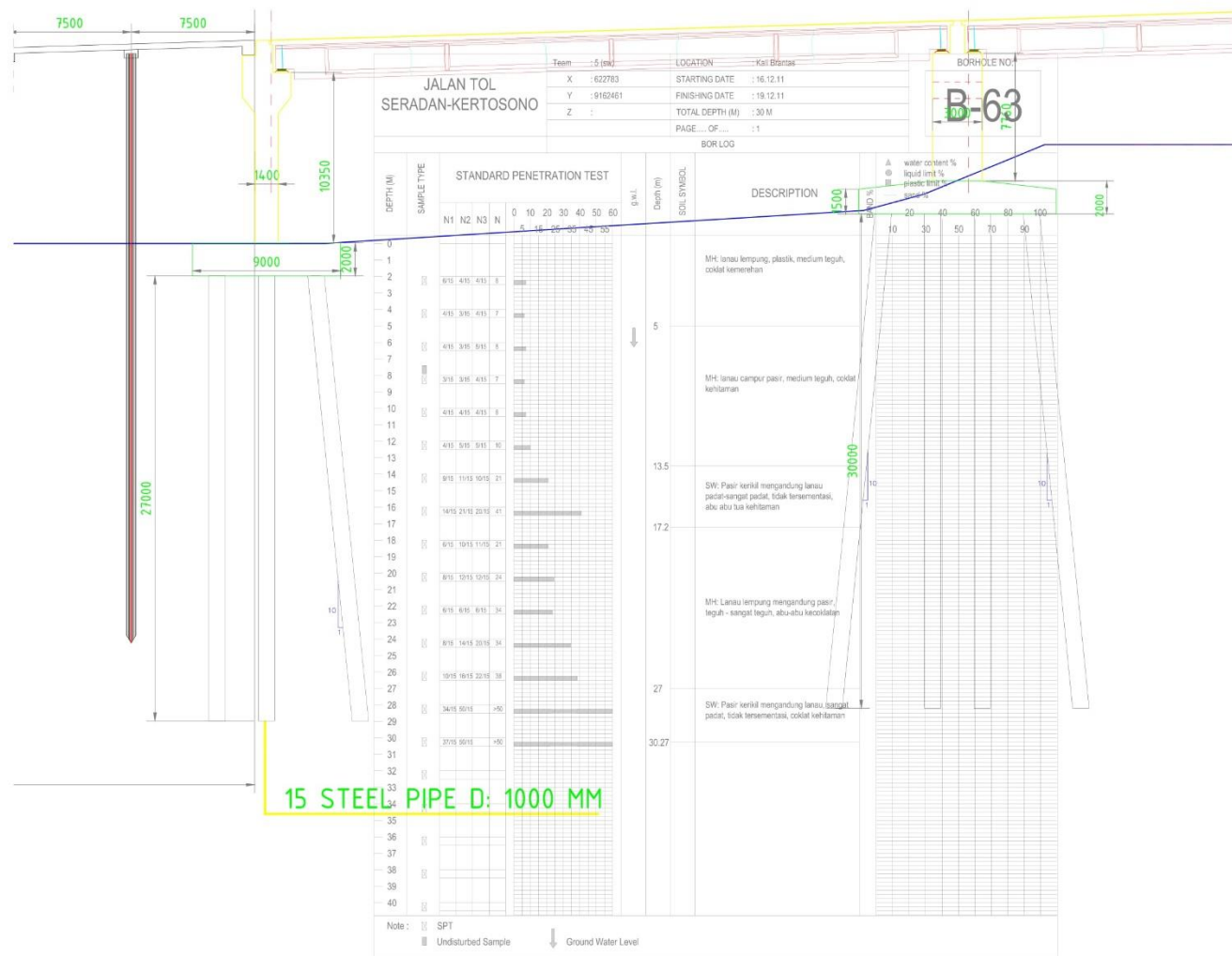
DATA PROFIL TANAH P1 & P2

NO. GAMBAR :

STR-01-03

REF =

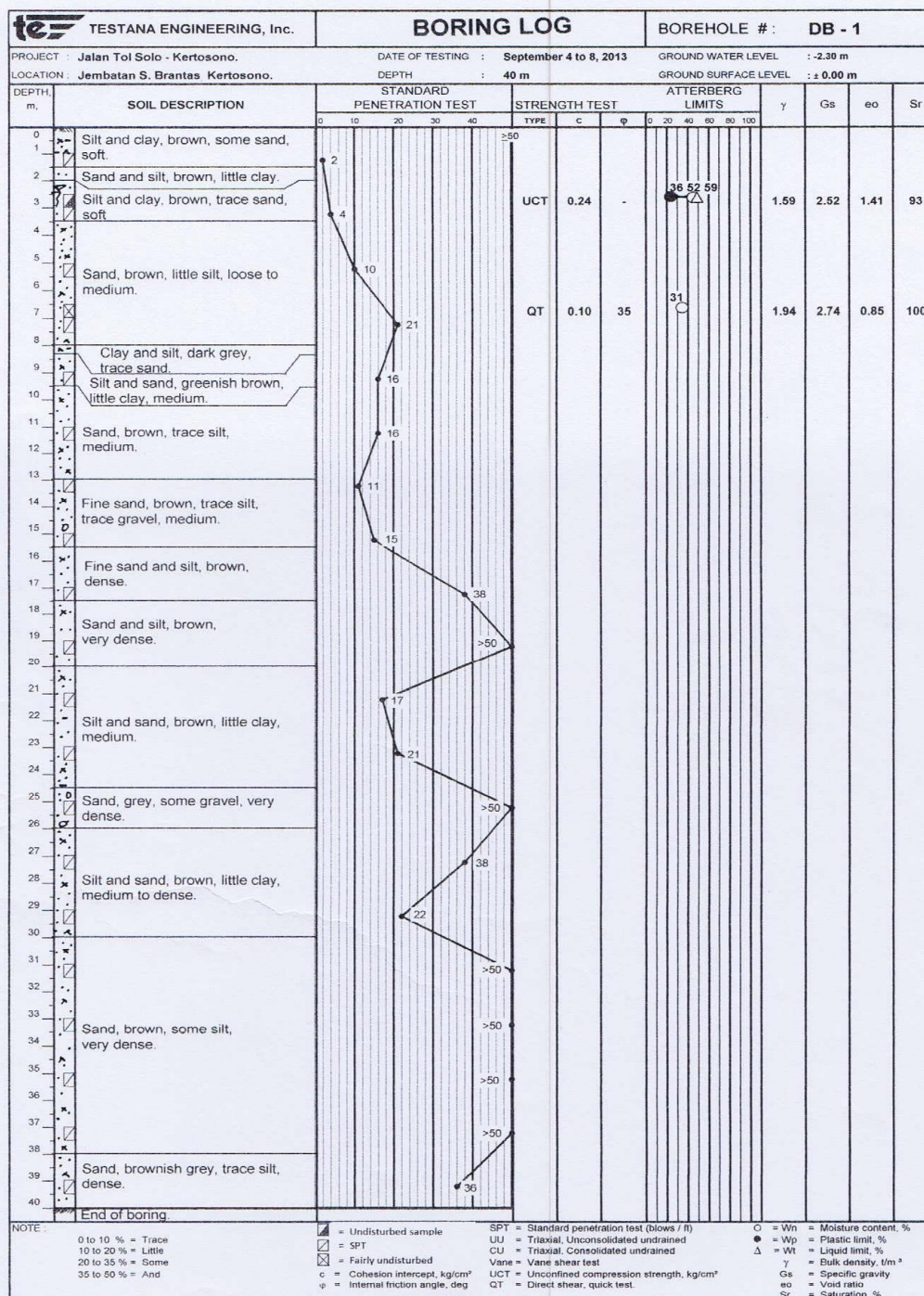
SKALA =



DATA PROFIL TANAH P1 & P2
SKALA 1 : 250

LAMPIRAN 2

DATA NSPT TANAH



TESTANA ENGINEERING, Inc.

BORING LOG

BOREHOLE #: DB - 2

PROJECT : Jalan Tol Solo - Kertosono.

DATE OF TESTING : September 9 to 12, 2013

GROUND WATER LEVEL : -3,30 m

LOCATION : Jembatan S. Brantas, Kertosono.




DEPTH : 40 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

[illegible]

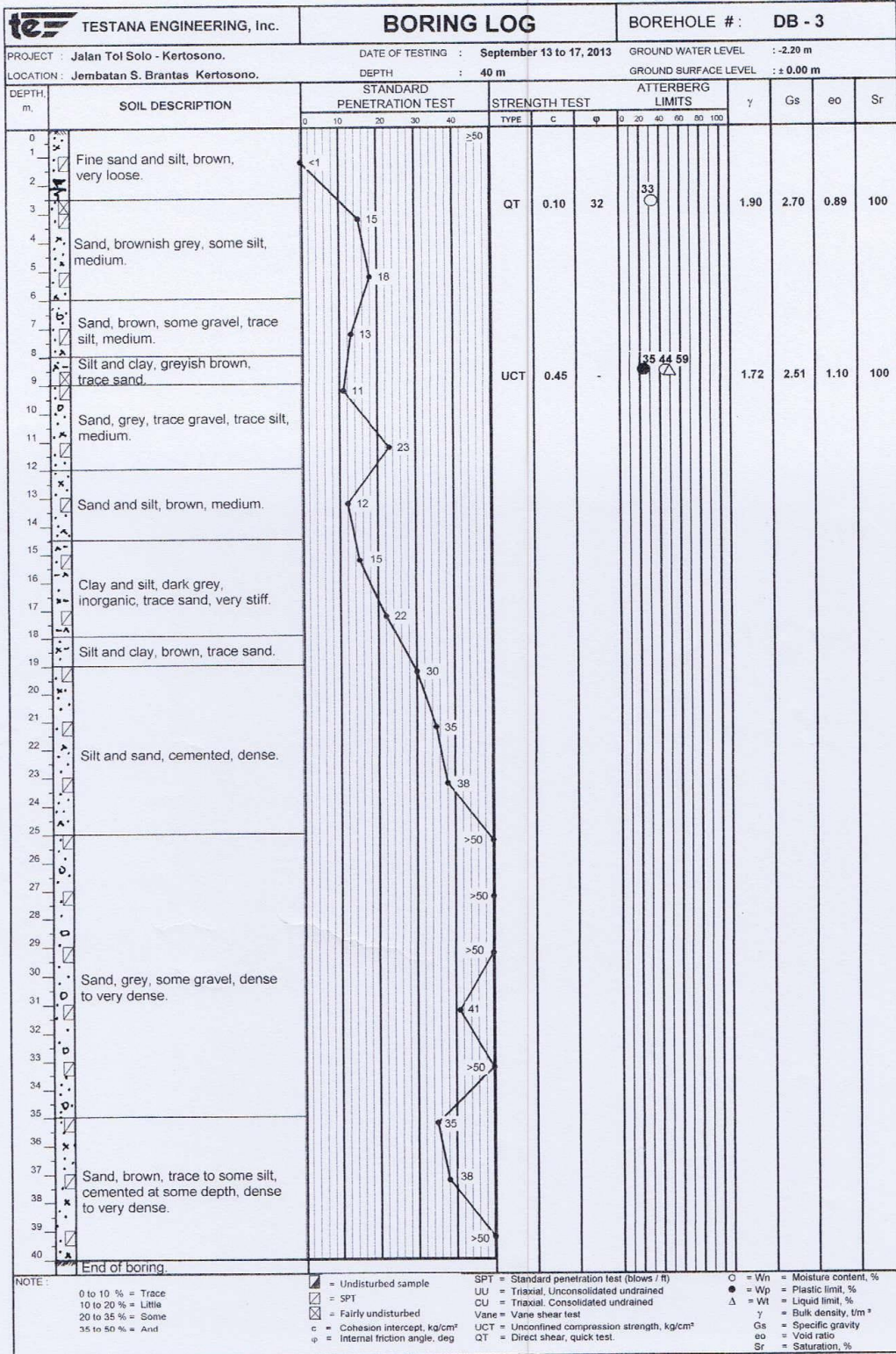
NOTE :

0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

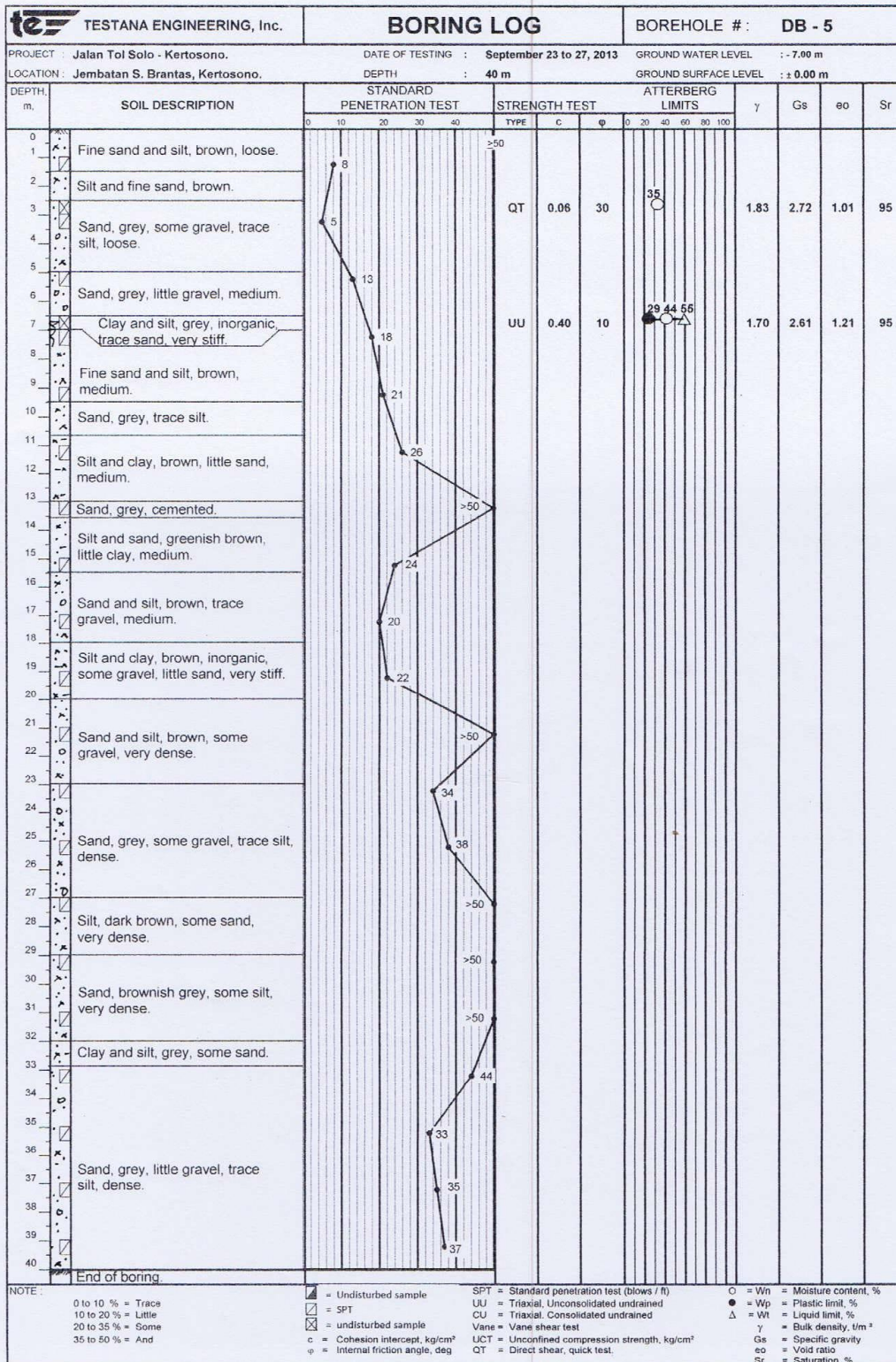
 = Undisturbed sample
 = SPT
 = Fairly undisturbed
c = Cohesion intercept, kg/cm²
 ϕ = Internal friction angle, deg

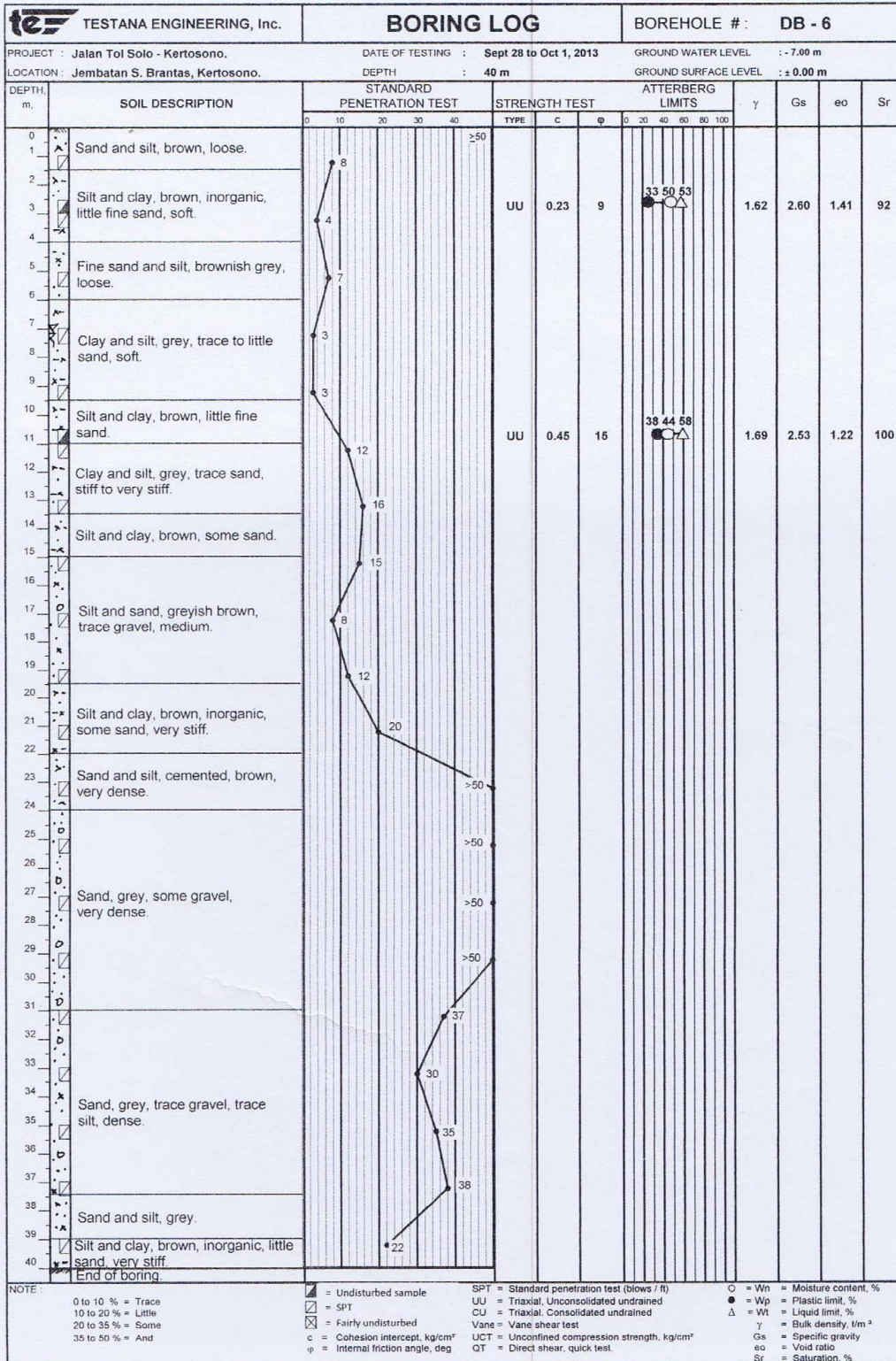
SPT = Standard penetration test (blows / ft)
UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
CU = Triaxial, Consolidated undrained
Vane = Vane shear test
UCT = Unconfined compression strength, kg/cm²
QT = Direct shear, quick test.

○	= W _n	= Moisture content, %
●	= W _p	= Plastic limit, %
Δ	= W _l	= Liquid limit, %
γ	=	Bulk density, t/m ³
G _s	=	Specific gravity
e _o	=	Void ratio
S _r	=	Saturation, %



TESTANA ENGINEERING, Inc.		BORING LOG				BOREHOLE # : DB - 4												
PROJECT : Jalan Tol Solo - Kertosono.		DATE OF TESTING : September 18 to 22, 2013		GROUND WATER LEVEL : -2.30 m														
LOCATION : Jembatan S. Brantas, Kertosono.		DEPTH : 40 m		GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m														
DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	eo	Sr			
		0	10	20	30	40	TYPE	c	φ	0	20					40	60	80
0																		
1	Fine sand and silt, brown, little clay, very loose.																	
2																		
3	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, soft.						UU	0.17	7			30	54	59	1.58	2.55	1.49	93
4																		
5																		
6	Sand, grey, trace silt, loose.																	
7																		
8																		
9	Silt and clay, brownish grey, trace sand, stiff.						UU	0.41	5			31	49	57	1.68	2.52	1.24	100
10																		
11																		
12	Sand, grey, little gravel, medium.																	
13																		
14	Sand and silt, brown, medium.																	
15																		
16	Clay and silt, dark grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
17																		
18	Silt and clay, brownish grey, inorganic, little sand, very stiff.																	
19																		
20	Silt and clay, brownish grey, trace silt, cemented at some depth, dense.																	
21																		
22																		
23	Silt and sand, brown, little clay, very dense.																	
24																		
25																		
26																		
27	Sand and silt, brown, very dense.																	
28																		
29																		
30	Sand and gravel, grey, trace silt, very dense																	
31																		
32																		
33																		
34																		





LAMPIRAN 3

BROSUR-BROSUR BAHAN MATERIAL YANG DIPAKAI

Spesifikasi PVD

CeTeau-Drain CT-D812

Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D812
Drain Body	Configuration	-	U
	Material	-	PP
Filter Jacket	Colour	-	white
	Material	-	PET
Assembled Drain	Colour	-	grey
	Weight	g/m	70
	Width	mm	100
	Thickness	mm	3

Physical properties	Symbol	Test	Unit	CT-D812
Filter Jacket				
Grate Tensile Strength	F	ASTM D4632	N	480
Elongation	b	ASTM D4632	%	32
Tear Strength		ASTM D4633	N	120
Pore Size	Q ₁	ASTM D4751	µm	< 75
Permeability	A	ASTM D4491	m/s	> 1.0 x 10 ⁻⁴
Assembled Drain				
Tensile Strength	F	ASTM D4595	kN	2.50
Elongation at break	ε	ASTM D4595	%	40
Strength at 10% elongation	F	ASTM D4595	kN	2.1
Elongation at 1 kN tensile strength	ε	ASTM D4595	%	1.0
Discharge capacity at 100 kPa	Q ₁	ASTM D4716	m ³ /s	92 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 150 kPa	Q ₂	ASTM D4716	m ³ /s	89 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 200 kPa	Q ₃	ASTM D4716	m ³ /s	87 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 250 kPa	Q ₄	ASTM D4716	m ³ /s	86 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 300 kPa	Q ₅	ASTM D4716	m ³ /s	85 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 350 kPa	Q ₆	ASTM D4716	m ³ /s	84 x 10 ⁻⁶

Transport details		Unit	CT-D812
Roll length		m	300
Outside diameter roll		m	1.10
Inside diameter roll		m	0.15
Weight roll		kg	20
40ft container		m	135,000

All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice. All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10%, and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for.

Agent & Distributor in Indonesia Area :
PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL
 Wilma SIER Building, 1st Floor
 J. Rungkut Industri Raya No.10 Surabaya 60203
 Tel. 62-31-8475062 Fax. 62-31-8475063
 Email : info@geosistem.co.id Website : www.geosistem.co.id



Gambar 1. Spesifikasi PVD CeTau-Drain CT-D812

Spesifikasi Tiang Pacang

Specification of Material

Item	Reference	Description	Specification
Aggregate	ASTM C33 - 1999 NI 2 PBI - 1971	Standard Specification for Concrete Aggregates Indonesian Concrete Code	
Cement	SNI 15-2049 - 2004	Portland Cement	Standard product type I Special order : type II or V
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : water reducing admixtures
Concrete	SNI 03-2847-2002	Indonesian Concrete Code	Compressive Strength at: 28 days : 600 kgf/cm ² (cube)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	SWPD 1
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	SBPDL 1275/1420
Spiral Wire Joint Plate	JIS G 3532 - 2000 JIS G 3101 - 2004	Low Carbon Steel Wire Rolled Steel for General Structure	SWMA / SWMP SS-400
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 1990	Structural Welding Code-Steel	AWS A 5.1 / E 6013 NKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent

Classification

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (Kg/m)	Length (m)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50

Gambar 2. Spesifikasi Tiang Pancang (*Spun Piles*) WIKI

Spesifikasi *Geotextile*

UnggulTex

POLYPROPYLENE WOVEN GEOTEXTILES


TECHNICAL SPESIFICATIONS




PROPERTIES	UNIT	TEST METHOD	UW - 150	UW - 200	UW - 250
Physical Properties					
Mass	g/m ²	ASTM D 5261-92	150	200	250
Thickness	mm	ASTM D 5199-91	0.5	0.6	0.7
Colour	-	-	Black	Black	Black
Mechanical Properties					
Strip Tensile Strength (Wrab/Weft)	kN/m	ASTM D 4596-94	37/35	42/39	52/52
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4596-94	19/18	20/20	20/20
Grap Tensile Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4632-91	1210/1200	1600/1600	1750/1750
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4632-91	14/13	22/22	22/22
Trapezoidal Tear Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4533-91	615/615	700/700	800/800
Hydraulic Properties					
Pore Size O ₉₅	µm	ASTM D 4751-95	320	275	250
Water Permeability	l/m ² /sec	100 mm water head	28	16	7.5
Environmental Properties					
Effect of soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil
Effect of soil Acidity	-	-	nil	nil	nil
Effect of Bacteria	-	-	nil	nil	nil
Effect of U.V. Light	-	-	Stabilized	Stabilized	Stabilized
Packaging					
Roll Length	m	-	150 - 200	150 - 200	150 - 200
Roll Width	m	-	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Roll Area	m ²	-	640 - 750	640 - 760	640 - 750
Roll Diameter (Approx)	m	-	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5
Roll Weight (Approx)	kg	-	96 - 114	128 - 152	160 - 190

All information, illustration and specification are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

Distributed by :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL
 Wisma SIER Building, 1st Floor, Jl. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60293
 Tel. 031-8475062 Fax 031-8475063
 Email : info@geosistem.co.id
 Website : www.geosistem.co.id








GEOSISTEM CERTIFICATE NO. JKT 61086 CERTIFICATE NO. JKT 61086

Gambar 3. Spesifikasi *Geotextile* UnggulTex UW-250

PT. GEMILAN BETON PRECAST
 SPUN CONCRETE PILE

SPESIFIKASI DAN HARGA



Kami perusahaan pembuat tiang pancang bulat pretekan.

Produk tiang pancang bulat (Spun Pile) dari ukuran diameter 30cm, 35cm, 40cm, 45cm, 50cm, & 60cm dengan Concrete Strength K-000, saat ini memiliki stock ribuan batang dengan berbagai ukuran, & harga bersaing, kualitas terjamin. Adapun variasi panjang tiang pancang adalah 12 m, 10 m, 9 m dan 6 m.

SPESIFIKASI DAN HARGA

1. Spesifikasi Harga
 Diameter : 30cm
 Panjang : 6m/8m
 Harga : Rp 3.000.000 / Batang
2. Spesifikasi Harga
 Diameter : 40cm
 Panjang : 9m/10m
 Harga : Rp 3.800.000 / Batang
3. Spesifikasi Harga
 Diameter : 50cm
 Panjang : 12m/14m
 Harga : Rp 5.500.000 / Batang
4. Spesifikasi Harga
 Diameter : 60cm
 Panjang : 15m/16m
 Harga : Rp 6.700.000 / Batang

Produk tiang pancang atau spun pile kami telah banyak dipakai untuk proyek di dalam maupun luar negeri, khususnya wilayah Jakarta & Kepri dan sekitarnya.

Hubungi kami untuk mendapatkan penawaran harga terbaru, maupun untuk mendapatkan surat dukungan tiang pancang (surat dukungan material), kami siap membantu:

HAMDAN WILJAYA
 Hp. 081291254718

PT. GEMILAN BETON PRECAST
 Jl. Jend Gatot Subroto Km 8.5 Kadu Jaya Curug Tangerang 15810
 e-mail : gemilaprecast@gmail.com

Gambar 7. Harga Tiang Pancang yang Dipakai

Spesifikasi Micropile



No	Type	Gambar	Mutu Beton	Tinggi badan besi Ø	S panjang besi Ø	Dimensi Panjang (m)	Berat Beton kg/m ³	P (tekan) t/m ²	Transportasi m ³	Harga						Jasa pemancangan m = 350
										per 1 m	per 2 m	per 3 m	per 6 m	per 10 m	per 15 m	
1	Seji Empat		K - 450	10	6	16	61.4 Kg	21	Rp 11.520 /M	Rp 99.429	Rp 198.859	Rp 298.288	Rp 596.576	Rp 1193.152	Rp 1789.728	28.295.7
			K - 450	12	6	16	61.4 Kg	23	Rp 11.520 /M	Rp 109.291	Rp 218.582	Rp 327.873	Rp 655.746	Rp 983.619	Rp 1475.428	30.000.00
			K - 450	13	6	16	61.4 Kg	23	Rp 11.520 /M	Rp 114.894	Rp 229.788	Rp 344.683	Rp 689.365	Rp 1034.047	Rp 1551.071	30.000.00
No	Type	Gambar	Mutu Beton	Tinggi badan besi Ø	S panjang besi Ø	Dimensi Panjang (m)	Berat Beton kg/m ³	P (tekan) t/m ²	Transportasi m ³	Harga						Jasa pemancangan m = 350
										per 1 m	per 2 m	per 3 m	per 6 m	per 10 m	per 15 m	
1	Seji Empat		K - 450	10	6	18	77.3 Kg	26	Rp 14.580 /M	Rp 116.363	Rp 232.725	Rp 349.088	Rp 698.176	Rp 1047.264	Rp 1570.896	28.295.7
			K - 450	12	6	18	77.3 Kg	27	Rp 14.580 /M	Rp 126.725	Rp 253.449	Rp 378.674	Rp 757.348	Rp 1136.022	Rp 1704.033	30.000.00
			K - 450	13	6	18	77.3 Kg	28	Rp 14.580 /M	Rp 131.828	Rp 263.655	Rp 395.483	Rp 790.967	Rp 1186.451	Rp 1779.677	30.000.00
No	Type	Gambar	Mutu Beton	Tinggi badan besi Ø	S panjang besi Ø	Dimensi Panjang (m)	Berat Beton kg/m ³	P (tekan) t/m ²	Transportasi m ³	Harga						Jasa pemancangan m = 350
										per 1 m	per 2 m	per 3 m	per 6 m	per 10 m	per 15 m	
1	Seji Empat		K - 450	12	6	20	96.0 Kg	33	Rp 18.000 /M	Rp 145.050	Rp 290.100	Rp 435.149	Rp 870.299	Rp 1305.449	Rp 1958.174	28.295.7
			K - 450	13	6	20	96.0 Kg	34	Rp 18.000 /M	Rp 150.653	Rp 301.306	Rp 451.954	Rp 903.908	Rp 1355.862	Rp 2033.793	30.000.00
			K - 450	15	8	20	96.0 Kg	36	Rp 18.000 /M	Rp 184.655	Rp 369.310	Rp 553.968	Rp 1.077.930	Rp 1.616.895	Rp 2.425.343	30.000.00

Gambar 10. Spesifikasi dan Daftar Harga Micropile ATA BETON

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 2

ANALISA STATISTIK PARAMETER TANAH

Indeks Kompresi (Cc)

Kedalaman (m)	Cc		n	mean	std	$t(\alpha/2, v)$	batas atas	batas bawah	Cc
1	0.4		1						0.400
2.5			1						0.000
3	0.54	0.45	4	0.50	0.06	2.35	0.56	0.43	0.54
	0.45	0.55							
5	0.41		1						0.41
9	0.36		1						0.36
10.5	0.49		1						0.49

Liquid Limit (LL)

Kedalaman (m)	LL		n	mean	std	$t(\alpha/2, v)$	batas atas	Batas bawah	LL
1	46		1						46.000
2.5			1						0.000
3	59	53	3	57	3.46	2.92	62.84	51.16	59
	59								
5	56		1						56
9	57		1						57
10.5	58		1						58

Indeks Plastisitas (PI)

Kedalaman (m)	PI		n	mean	std	$t(\alpha/2, v)$	batas atas	batas bawah	PI
1	16		1						16.000
2.5			1						0.000
3	23	20	3	24	4.58	2.92	31.73	16.27	23
	29								
5	27		1						27
9	26		1						26
10.5	20		1						20

Specific Gravity (Gs)

Kedalaman (m)	Gs		n	mean	std	t($\alpha/2, v$)	batas atas	batas bawah	Gs
1	2.62		1						2.620
2.5	2.7		1						2.700
3	2.52	2.72	4	2.60	0.09	2.35	2.70	2.49	2.55
	2.55	2.6							
5	2.5		1						2.5
9	2.52		1						2.52
10.5	2.53		1						2.53

 γ sat (t/m³)

Kedalaman (m)	γ t sat		n	mean	std	t($\alpha/2, v$)	batas atas	batas bawah	γ t sat
1	1.753		1						1.753
2.5	1.899		1						1.899
3	1.631	1.857	4	1.694	0.110	2.353	1.824	1.564	1.630
	1.624	1.665							
5	1.656		1						1.656
9	1.680		1						1.680
10.5	1.710		1						1.710

 W_c (%)

Kedalaman (m)	W_c %		n	mean	std	t($\alpha/2, v$)	batas atas	batas bawah	W_c %
1	42		1						42
2.5	33		1						33
3	52	35	4	48	9	2	57	39	52
	54	50							
5	51		1						51
9	49		1						49
10.5	44		1						44

Cu (kg/cm²)

Kedalaman (m)	Cu		n	mean	std	t($\alpha/2, v$)	batas atas	batas bawah	Cu
1	0.06		1						0.10
2.5	0.10		1						0.10
3	0.24	0.06	4	0.18	0.08	2.35	0.27	0.08	0.17
	0.17	0.23							
5	0.20		1						0.20
9	0.41		1						0.41
10.5	0.45		1						0.45

Cv (cm²/detik)

Kedalaman (m)	Cv		n	mean	std	t($\alpha/2, v$)	batas atas	batas bawah	Cv
1	0.00059		1						0.00059
2.5	0.00093		1						0.00093
3	0.00048	0.00086	4	0.0006	0.00018	2.353	0.00081	0.00039	0.00055
	0.00055	0.0005							
5	0.00054		1						0.00054
9	0.00058		1						0.00058
10.5	0.00063		1						0.00063

LAMPIRAN 5

WAKTU KONSOLIDASI DAN PERCEPATAN WAKTU KONSOLIDASI DENGAN PVD

Tabel 1. Hasil Perhitungan Waktu Konsolidasi Alami

Derajat Konsolidasi U(%)	Hdr (cm)	Cv (cm ² /detik)	T	t (detik)	t tahun
0	900	0.000582517	0	0	0
5			0.002	682568.047	0.022
10			0.008	2730272.187	0.087
15			0.018	6143112.420	0.195
20			0.031	10921088.748	0.346
25			0.049	17064201.168	0.541
30			0.071	24572449.682	0.779
35			0.096	33445834.289	1.061
40			0.126	43684354.990	1.385
45			0.159	55288011.784	1.753
50			0.196	68256804.672	2.164
55			0.238	82590733.653	2.619
60			0.283	98289798.728	3.117
65			0.340	118327546.005	3.752
70			0.403	140040927.511	4.441
75			0.477	165722406.983	5.255
80			0.567	197153997.591	6.252
85			0.684	237676365.697	7.537
90			0.848	294789435.777	9.348
95			1.129	392424873.962	12.444

Gambar 1. Grafik Hubungan Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi



Tabel 2. Hasil Perhitungan Faktor Hambatan (Fn)
dengan PVD Pola Segiempat

JARAK PVD	D = 1.13 S	a	b	dw	n	F(n)
S (m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
0.5	0.565	0.1	0.003	0.052	10.971	1.657
0.75	0.848	0.1	0.003	0.052	16.456	2.057
1	1.130	0.1	0.003	0.052	21.942	2.338
1.25	1.413	0.1	0.003	0.052	27.427	2.562
1.5	1.695	0.1	0.003	0.052	32.913	2.744
1.75	1.978	0.1	0.003	0.052	38.398	2.898
2	2.260	0.1	0.003	0.052	43.883	3.032
2.25	2.543	0.1	0.003	0.052	49.369	3.149

Tabel 3. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segiempat

SPASI 0.5 m				
t	Tv	Uv	Uh	Ugab
(minggu)				(%)
1	0.000	0.024	0.413	42.69
2	0.001	0.033	0.656	66.70
3	0.001	0.041	0.798	80.61
4	0.002	0.047	0.881	88.69
5	0.002	0.053	0.930	93.40
6	0.003	0.058	0.959	96.15
7	0.003	0.062	0.976	97.75
8	0.003	0.067	0.986	98.69
9	0.004	0.071	0.992	99.23
10	0.004	0.074	0.995	99.55
11	0.005	0.078	0.997	99.74
12	0.005	0.082	0.998	99.85
13	0.006	0.085	0.999	99.91
14	0.006	0.088	0.999	99.95
15	0.007	0.091	1	99.97
16	0.007	0.094	1	99.98
17	0.007	0.097	1	99.99
18	0.008	0.100	1	99.99
19	0.008	0.103	1	100.00
20	0.009	0.105	1	100.00
21	0.009	0.108	1	100.00
22	0.010	0.110	1	100.00
23	0.010	0.113	1	100.00
24	0.010	0.115	1	100.00
25	0.011	0.118	1	100.00
26	0.011	0.120	1	100.00
27	0.012	0.122	1	100.00
28	0.012	0.125	1	100.00
29	0.013	0.127	1	100.00
30	0.013	0.129	1	100.00

SPASI 0.75 m				
t	Tv	Uv	Uh	Ugab
(minggu)				(%)
1	0.000	0.024	0.174	19.31
2	0.001	0.033	0.317	33.99
3	0.001	0.041	0.436	45.87
4	0.002	0.047	0.534	55.56
5	0.002	0.053	0.615	63.49
6	0.003	0.058	0.682	69.99
7	0.003	0.062	0.737	75.33
8	0.003	0.067	0.783	79.70
9	0.004	0.071	0.820	83.30
10	0.004	0.074	0.852	86.26
11	0.005	0.078	0.877	88.69
12	0.005	0.082	0.899	90.69
13	0.006	0.085	0.916	92.33
14	0.006	0.088	0.931	93.69
15	0.007	0.091	0.943	94.80
16	0.007	0.094	0.953	95.72
17	0.007	0.097	0.961	96.47
18	0.008	0.100	0.968	97.09
19	0.008	0.103	0.973	97.61
20	0.009	0.105	0.978	98.03
21	0.009	0.108	0.982	98.37
22	0.010	0.110	0.985	98.66
23	0.010	0.113	0.988	98.90
24	0.010	0.115	0.990	99.09
25	0.011	0.118	0.992	99.25
26	0.011	0.120	0.993	99.38
27	0.012	0.122	0.994	99.49
28	0.012	0.125	0.995	99.58
29	0.013	0.127	0.996	99.65
30	0.013	0.129	0.997	99.71

Tabel 3. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segiempat (Lanjutan)

SPASI 1.00 m				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.000	0.024	0.090	11.15
2	0.001	0.033	0.172	19.96
3	0.001	0.041	0.247	27.73
4	0.002	0.047	0.314	34.67
5	0.002	0.053	0.376	40.90
6	0.003	0.058	0.432	46.51
7	0.003	0.062	0.484	51.57
8	0.003	0.067	0.530	56.13
9	0.004	0.071	0.572	60.26
10	0.004	0.074	0.611	63.99
11	0.005	0.078	0.646	67.36
12	0.005	0.082	0.678	70.41
13	0.006	0.085	0.707	73.17
14	0.006	0.088	0.733	75.67
15	0.007	0.091	0.757	77.94
16	0.007	0.094	0.779	79.99
17	0.007	0.097	0.799	81.85
18	0.008	0.100	0.817	83.54
19	0.008	0.103	0.834	85.07
20	0.009	0.105	0.849	86.45
21	0.009	0.108	0.862	87.71
22	0.010	0.110	0.875	88.85
23	0.010	0.113	0.886	89.88
24	0.010	0.115	0.896	90.82
25	0.011	0.118	0.906	91.67
26	0.011	0.120	0.914	92.44
27	0.012	0.122	0.922	93.14
28	0.012	0.125	0.929	93.77
29	0.013	0.127	0.935	94.35
30	0.013	0.129	0.941	94.87

SPASI 1.25 m				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.000	0.024	0.054	7.59
2	0.001	0.033	0.104	13.42
3	0.001	0.041	0.152	18.70
4	0.002	0.047	0.198	23.57
5	0.002	0.053	0.241	28.09
6	0.003	0.058	0.282	32.31
7	0.003	0.062	0.320	36.26
8	0.003	0.067	0.357	39.95
9	0.004	0.071	0.391	43.42
10	0.004	0.074	0.424	46.68
11	0.005	0.078	0.455	49.74
12	0.005	0.082	0.484	52.61
13	0.006	0.085	0.512	55.32
14	0.006	0.088	0.538	57.86
15	0.007	0.091	0.563	60.26
16	0.007	0.094	0.586	62.52
17	0.007	0.097	0.608	64.64
18	0.008	0.100	0.629	66.64
19	0.008	0.103	0.649	68.53
20	0.009	0.105	0.668	70.30
21	0.009	0.108	0.686	71.98
22	0.010	0.110	0.703	73.56
23	0.010	0.113	0.719	75.05
24	0.010	0.115	0.734	76.45
25	0.011	0.118	0.748	77.77
26	0.011	0.120	0.762	79.02
27	0.012	0.122	0.774	80.20
28	0.012	0.125	0.787	81.31
29	0.013	0.127	0.798	82.36
30	0.013	0.129	0.809	83.34

SPASI 1.5 m				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.000	0.024	0.035	5.78
2	0.001	0.033	0.069	10.00
3	0.001	0.041	0.102	13.83
4	0.002	0.047	0.133	17.40
5	0.002	0.053	0.164	20.77
6	0.003	0.058	0.193	23.96
7	0.003	0.062	0.221	26.99
8	0.003	0.067	0.249	29.88
9	0.004	0.071	0.275	32.63
10	0.004	0.074	0.301	35.26
11	0.005	0.078	0.325	37.78
12	0.005	0.082	0.349	40.19
13	0.006	0.085	0.372	42.50
14	0.006	0.088	0.394	44.72
15	0.007	0.091	0.415	46.84
16	0.007	0.094	0.436	48.88
17	0.007	0.097	0.455	50.83
18	0.008	0.100	0.475	52.70
19	0.008	0.103	0.493	54.50
20	0.009	0.105	0.511	56.23
21	0.009	0.108	0.528	57.89
22	0.010	0.110	0.545	59.49
23	0.010	0.113	0.561	61.02
24	0.010	0.115	0.576	62.49
25	0.011	0.118	0.591	63.90
26	0.011	0.120	0.605	65.26
27	0.012	0.122	0.619	66.57
28	0.012	0.125	0.633	67.83
29	0.013	0.127	0.645	69.04
30	0.013	0.129	0.658	70.20

Tabel 3. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segiempat (Lanjutan)

SPASI 1.75 m				
t	Tv	Uv	Uh	Ugab
(minggu)				(%)
1	0.000	0.024	0.025	4.75
2	0.001	0.033	0.049	8.02
3	0.001	0.041	0.072	10.97
4	0.002	0.047	0.095	13.73
5	0.002	0.053	0.117	16.34
6	0.003	0.058	0.139	18.83
7	0.003	0.062	0.160	21.21
8	0.003	0.067	0.180	23.50
9	0.004	0.071	0.201	25.70
10	0.004	0.074	0.220	27.82
11	0.005	0.078	0.239	29.87
12	0.005	0.082	0.258	31.85
13	0.006	0.085	0.276	33.77
14	0.006	0.088	0.294	35.62
15	0.007	0.091	0.311	37.41
16	0.007	0.094	0.328	39.15
17	0.007	0.097	0.345	40.84
18	0.008	0.100	0.361	42.47
19	0.008	0.103	0.377	44.05
20	0.009	0.105	0.392	45.59
21	0.009	0.108	0.407	47.08
22	0.010	0.110	0.421	48.53
23	0.010	0.113	0.436	49.93
24	0.010	0.115	0.449	51.29
25	0.011	0.118	0.463	52.62
26	0.011	0.120	0.476	53.90
27	0.012	0.122	0.489	55.15
28	0.012	0.125	0.502	56.37
29	0.013	0.127	0.514	57.55
30	0.013	0.129	0.526	58.69

SPASI 2 m				
t	Tv	Uv	Uh	Ugab
(minggu)				(%)
1	0.000	0.024	0.018	4.11
2	0.001	0.033	0.036	6.78
3	0.001	0.041	0.053	9.17
4	0.002	0.047	0.070	11.40
5	0.002	0.053	0.087	13.50
6	0.003	0.058	0.103	15.51
7	0.003	0.062	0.120	17.44
8	0.003	0.067	0.136	19.31
9	0.004	0.071	0.151	21.10
10	0.004	0.074	0.166	22.85
11	0.005	0.078	0.181	24.53
12	0.005	0.082	0.196	26.17
13	0.006	0.085	0.211	27.77
14	0.006	0.088	0.225	29.32
15	0.007	0.091	0.239	30.83
16	0.007	0.094	0.253	32.30
17	0.007	0.097	0.266	33.73
18	0.008	0.100	0.279	35.13
19	0.008	0.103	0.292	36.50
20	0.009	0.105	0.305	37.83
21	0.009	0.108	0.318	39.13
22	0.010	0.110	0.330	40.39
23	0.010	0.113	0.342	41.63
24	0.010	0.115	0.354	42.84
25	0.011	0.118	0.366	44.02
26	0.011	0.120	0.377	45.18
27	0.012	0.122	0.388	46.31
28	0.012	0.125	0.399	47.41
29	0.013	0.127	0.410	48.49
30	0.013	0.129	0.421	49.54

SPASI 2.25 m				
t	Tv	Uv	Uh	Ugab
(minggu)				(%)
1	0.000	0.024	0.014	3.70
2	0.001	0.033	0.027	5.97
3	0.001	0.041	0.041	7.98
4	0.002	0.047	0.054	9.84
5	0.002	0.053	0.067	11.60
6	0.003	0.058	0.080	13.28
7	0.003	0.062	0.092	14.89
8	0.003	0.067	0.105	16.44
9	0.004	0.071	0.117	17.95
10	0.004	0.074	0.129	19.41
11	0.005	0.078	0.141	20.83
12	0.005	0.082	0.153	22.21
13	0.006	0.085	0.165	23.56
14	0.006	0.088	0.176	24.87
15	0.007	0.091	0.188	26.16
16	0.007	0.094	0.199	27.41
17	0.007	0.097	0.210	28.64
18	0.008	0.100	0.221	29.84
19	0.008	0.103	0.231	31.01
20	0.009	0.105	0.242	32.16
21	0.009	0.108	0.252	33.29
22	0.010	0.110	0.263	34.40
23	0.010	0.113	0.273	35.48
24	0.010	0.115	0.283	36.54
25	0.011	0.118	0.293	37.58
26	0.011	0.120	0.302	38.60
27	0.012	0.122	0.312	39.60
28	0.012	0.125	0.321	40.59
29	0.013	0.127	0.331	41.55
30	0.013	0.129	0.340	42.50

Tabel 4. Hasil Perhitungan Faktor Hambatan (Fn)
dengan PVD Pola Segitiga

JARAK PVD	D = 1.05 S	a	b	dw	n	F(n)
S (m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
0.5	0.53	0.1	0.003	0.052	10.194	1.585
0.75	0.79	0.1	0.003	0.052	15.291	1.985
1	1.05	0.1	0.003	0.052	20.388	2.265
1.25	1.31	0.1	0.003	0.052	25.485	2.488
1.5	1.58	0.1	0.003	0.052	30.583	2.670
1.75	1.84	0.1	0.003	0.052	35.680	2.825
2	2.10	0.1	0.003	0.052	40.777	2.958
2.25	2.36	0.1	0.003	0.052	45.874	3.076

Tabel 4. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga

SPASI 0.5 m				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.000	0.024	0.475	48.78
2	0.001	0.033	0.725	73.40
3	0.001	0.041	0.856	86.16
4	0.002	0.047	0.924	92.79
5	0.002	0.053	0.960	96.24
6	0.003	0.058	0.979	98.04
7	0.003	0.062	0.989	98.98
8	0.003	0.067	0.994	99.47
9	0.004	0.071	0.997	99.72
10	0.004	0.074	0.998	99.85
11	0.005	0.078	0.999	99.92
12	0.005	0.082	1	99.96
13	0.006	0.085	1	99.98
14	0.006	0.088	1	99.99
15	0.007	0.091	1	99.99
16	0.007	0.094	1	100.00
17	0.007	0.097	1	100.00
18	0.008	0.100	1	100.00
19	0.008	0.103	1	100.00
20	0.009	0.105	1	100.00
21	0.009	0.108	1	100.00
22	0.010	0.110	1	100.00
23	0.010	0.113	1	100.00
24	0.010	0.115	1	100.00
25	0.011	0.118	1	100.00
26	0.011	0.120	1	100.00
27	0.012	0.122	1	100.00
28	0.012	0.125	1	100.00
29	0.013	0.127	1	100.00
30	0.013	0.129	1	100.00

SPASI 0.75 m				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.000	0.024	0.205	22.34
2	0.001	0.033	0.367	38.85
3	0.001	0.041	0.497	51.74
4	0.002	0.047	0.600	61.87
5	0.002	0.053	0.682	69.85
6	0.003	0.058	0.747	76.15
7	0.003	0.062	0.799	81.12
8	0.003	0.067	0.840	85.05
9	0.004	0.071	0.873	88.17
10	0.004	0.074	0.899	90.63
11	0.005	0.078	0.919	92.57
12	0.005	0.082	0.936	94.12
13	0.006	0.085	0.949	95.34
14	0.006	0.088	0.959	96.30
15	0.007	0.091	0.968	97.07
16	0.007	0.094	0.974	97.68
17	0.007	0.097	0.980	98.16
18	0.008	0.100	0.984	98.54
19	0.008	0.103	0.987	98.84
20	0.009	0.105	0.990	99.08
21	0.009	0.108	0.992	99.27
22	0.010	0.110	0.994	99.42
23	0.010	0.113	0.995	99.54
24	0.010	0.115	0.996	99.64
25	0.011	0.118	0.997	99.71
26	0.011	0.120	0.997	99.77
27	0.012	0.122	0.998	99.82
28	0.012	0.125	0.998	99.86
29	0.013	0.127	0.999	99.89
30	0.013	0.129	0.999	99.91

Tabel 4. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

SPASI 1.00 m				
t	Tv	Uv	Uh	Ugab
(minggu)				(%)
1	0.000	0.024	0.107	12.78
2	0.001	0.033	0.202	22.86
3	0.001	0.041	0.287	31.63
4	0.002	0.047	0.363	39.33
5	0.002	0.053	0.431	46.12
6	0.003	0.058	0.492	52.13
7	0.003	0.062	0.546	57.44
8	0.003	0.067	0.595	62.16
9	0.004	0.071	0.638	66.35
10	0.004	0.074	0.677	70.06
11	0.005	0.078	0.711	73.36
12	0.005	0.082	0.742	76.29
13	0.006	0.085	0.769	78.90
14	0.006	0.088	0.794	81.22
15	0.007	0.091	0.816	83.28
16	0.007	0.094	0.836	85.11
17	0.007	0.097	0.853	86.75
18	0.008	0.100	0.869	88.20
19	0.008	0.103	0.883	89.49
20	0.009	0.105	0.895	90.64
21	0.009	0.108	0.907	91.66
22	0.010	0.110	0.917	92.57
23	0.010	0.113	0.925	93.38
24	0.010	0.115	0.933	94.11
25	0.011	0.118	0.940	94.75
26	0.011	0.120	0.947	95.32
27	0.012	0.122	0.953	95.83
28	0.012	0.125	0.958	96.29
29	0.013	0.127	0.962	96.69
30	0.013	0.129	0.966	97.05

SPASI 1.25 m				
t	Tv	Uv	Uh	Ugab
(minggu)				(%)
1	0.000	0.024	0.064	8.57
2	0.001	0.033	0.123	15.24
3	0.001	0.041	0.179	21.25
4	0.002	0.047	0.231	26.75
5	0.002	0.053	0.280	31.81
6	0.003	0.058	0.326	36.49
7	0.003	0.062	0.369	40.82
8	0.003	0.067	0.409	44.84
9	0.004	0.071	0.447	48.57
10	0.004	0.074	0.482	52.04
11	0.005	0.078	0.515	55.27
12	0.005	0.082	0.546	58.28
13	0.006	0.085	0.575	61.07
14	0.006	0.088	0.602	63.68
15	0.007	0.091	0.627	66.11
16	0.007	0.094	0.651	68.37
17	0.007	0.097	0.673	70.48
18	0.008	0.100	0.694	72.44
19	0.008	0.103	0.713	74.27
20	0.009	0.105	0.732	75.98
21	0.009	0.108	0.749	77.58
22	0.010	0.110	0.765	79.06
23	0.010	0.113	0.780	80.45
24	0.010	0.115	0.794	81.74
25	0.011	0.118	0.807	82.95
26	0.011	0.120	0.819	84.08
27	0.012	0.122	0.831	85.13
28	0.012	0.125	0.841	86.11
29	0.013	0.127	0.851	87.03
30	0.013	0.129	0.861	87.88

SPASI 1.5 m				
t	Tv	Uv	Uh	Ugab
(minggu)				(%)
1	0.000	0.024	0.042	6.42
2	0.001	0.033	0.082	11.21
3	0.001	0.041	0.120	15.57
4	0.002	0.047	0.156	19.62
5	0.002	0.053	0.192	23.42
6	0.003	0.058	0.225	27.00
7	0.003	0.062	0.258	30.38
8	0.003	0.067	0.288	33.59
9	0.004	0.071	0.318	36.63
10	0.004	0.074	0.347	39.52
11	0.005	0.078	0.374	42.26
12	0.005	0.082	0.400	44.88
13	0.006	0.085	0.425	47.36
14	0.006	0.088	0.449	49.73
15	0.007	0.091	0.472	51.99
16	0.007	0.094	0.494	54.14
17	0.007	0.097	0.515	56.19
18	0.008	0.100	0.535	58.15
19	0.008	0.103	0.554	60.01
20	0.009	0.105	0.573	61.79
21	0.009	0.108	0.591	63.49
22	0.010	0.110	0.608	65.11
23	0.010	0.113	0.624	66.66
24	0.010	0.115	0.640	68.13
25	0.011	0.118	0.655	69.54
26	0.011	0.120	0.669	70.89
27	0.012	0.122	0.683	72.17
28	0.012	0.125	0.696	73.40
29	0.013	0.127	0.709	74.57
30	0.013	0.129	0.721	75.69

Tabel 4. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

SPASI 1.75 m				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.000	0.024	0.029	5.20
2	0.001	0.033	0.057	8.88
3	0.001	0.041	0.085	12.21
4	0.002	0.047	0.111	15.33
5	0.002	0.053	0.137	18.28
6	0.003	0.058	0.162	21.08
7	0.003	0.062	0.187	23.75
8	0.003	0.067	0.211	26.31
9	0.004	0.071	0.234	28.77
10	0.004	0.074	0.256	31.12
11	0.005	0.078	0.278	33.39
12	0.005	0.082	0.299	35.58
13	0.006	0.085	0.319	37.68
14	0.006	0.088	0.339	39.70
15	0.007	0.091	0.358	41.66
16	0.007	0.094	0.377	43.54
17	0.007	0.097	0.395	45.36
18	0.008	0.100	0.413	47.12
19	0.008	0.103	0.430	48.82
20	0.009	0.105	0.446	50.45
21	0.009	0.108	0.462	52.04
22	0.010	0.110	0.478	53.57
23	0.010	0.113	0.493	55.04
24	0.010	0.115	0.508	56.47
25	0.011	0.118	0.522	57.85
26	0.011	0.120	0.536	59.19
27	0.012	0.122	0.550	60.48
28	0.012	0.125	0.563	61.73
29	0.013	0.127	0.576	62.94
30	0.013	0.129	0.588	64.11

SPASI 2 m				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.000	0.024	0.021	4.44
2	0.001	0.033	0.042	7.42
3	0.001	0.041	0.063	10.10
4	0.002	0.047	0.083	12.60
5	0.002	0.053	0.102	14.96
6	0.003	0.058	0.122	17.22
7	0.003	0.062	0.140	19.39
8	0.003	0.067	0.159	21.47
9	0.004	0.071	0.177	23.48
10	0.004	0.074	0.194	25.43
11	0.005	0.078	0.212	27.31
12	0.005	0.082	0.228	29.13
13	0.006	0.085	0.245	30.89
14	0.006	0.088	0.261	32.61
15	0.007	0.091	0.277	34.27
16	0.007	0.094	0.292	35.89
17	0.007	0.097	0.307	37.46
18	0.008	0.100	0.322	38.99
19	0.008	0.103	0.337	40.47
20	0.009	0.105	0.351	41.92
21	0.009	0.108	0.365	43.32
22	0.010	0.110	0.378	44.69
23	0.010	0.113	0.392	46.03
24	0.010	0.115	0.405	47.32
25	0.011	0.118	0.417	48.59
26	0.011	0.120	0.430	49.82
27	0.012	0.122	0.442	51.02
28	0.012	0.125	0.454	52.19
29	0.013	0.127	0.466	53.33
30	0.013	0.129	0.477	54.44

SPASI 2.25 m				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.000	0.024	0.016	3.94
2	0.001	0.033	0.032	6.45
3	0.001	0.041	0.048	8.69
4	0.002	0.047	0.064	10.76
5	0.002	0.053	0.079	12.73
6	0.003	0.058	0.094	14.60
7	0.003	0.062	0.109	16.41
8	0.003	0.067	0.123	18.14
9	0.004	0.071	0.137	19.83
10	0.004	0.074	0.151	21.46
11	0.005	0.078	0.165	23.04
12	0.005	0.082	0.179	24.58
13	0.006	0.085	0.192	26.07
14	0.006	0.088	0.205	27.53
15	0.007	0.091	0.218	28.95
16	0.007	0.094	0.231	30.34
17	0.007	0.097	0.244	31.69
18	0.008	0.100	0.256	33.01
19	0.008	0.103	0.268	34.31
20	0.009	0.105	0.280	35.57
21	0.009	0.108	0.292	36.80
22	0.010	0.110	0.303	38.01
23	0.010	0.113	0.314	39.19
24	0.010	0.115	0.326	40.34
25	0.011	0.118	0.337	41.47
26	0.011	0.120	0.347	42.57
27	0.012	0.122	0.358	43.66
28	0.012	0.125	0.369	44.71
29	0.013	0.127	0.379	45.75
30	0.013	0.129	0.389	46.77



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04

rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Suwarno M. Eng
NAMA MAHASISWA	: Gilang Persada Sebayang
NRP	: 3112 100 086
JUDUL TUGAS AKHIR	: Alternatif Perbarukan Tanah Pada Oprit Jembatan Sungai Brantas Tol Solo-Kertosono STA 126+380
TANGGAL PROPOSAL	: 13 - Juli - 2016
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	6/9 2016	Analisa Data Tanah, NSPT,	Parameter tanah	Mr
	14/9 2016	Parameter Tanah γ_{sat} , C_u , W_c , G_s , LL , PL , C_c , C_v	Perbaikan Kergaan Parameter Tanah	SN
	28/9 2016	Perbaikan Parameter Tanah	Perhitungan. Besar per S_c .	Mr
	12/10 2016	Perhitungan S_c .	Pelengkapan. Perhitungan	Mr
	25/10 2016	Lanjutan Perhitungan S_c .		Mr



Fonn AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Suwarno M.Eng
NAMA MAHASISWA	: Gilang Persada Sebayang
NRP	: 3112 100 086
JUDUL TUGAS AKHIR	: Alternatif Perbaikan Tanah Pada Oprit Jembatan Sungai Brantas Tol Solo - Kerfosono STA 176+388
TANGGAL PROPOSAL	: 13 - Juli - 2016
NO. SP-MNTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	11/11 2016	-Perhitungan Sc	- Perhitungan Hinitrah	SK
	16/11 2016	- Perhitungan Hinitrah	-Perhitungan Hinitrah final pakai grafik.	SK
	25/11 2016	-Perhitungan Hinitrah final (dengan grafik) oprit miring	-Perhitungan Hinitrah - final Pakai grafik oprit tegak.	SK
	30/11 2016	-Perhitungan Hinitrah H final (dengan grafik) oprit tegak.	- Perhitungan Perencanaan PVD	SK
	8/12 2016	- Perencanaan Perbaikan PVD.		
	6/01 2017	- Perencanaan Perbaikan PVD. Segi tiga - Segi empat		SK



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-D4

rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Suwarno M.Eng
NAMA MAHASISWA	: Gilang Persada Sebayang
NRP	: 3112100 086
JUDUL TUGAS AKHIR	: Alternatif Perbaiki Tanah Pada Oprit Jembatan Sungai Brantas Tol Sdo-Kertosono STA 176 + 382
TANGGAL PROPOSAL	: 13 - Juli - 2016
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	22/3/2017	Menghitung H-kritis	- Peningkatan Cu.	SH
	19/4/2017	Menghitung Peningkatan Cu.	- Sc pada penimbunan Bertahap.	fw
	4/5/2017	Perhitungan Penimbunan Bertahap	Perhitungan Geotextile.	fw
	12/5/2017	Perhitungan Geotextile.	Perhitungan Geowall	fw
	23/5/2017	Perhitungan Geowall	Perhitungan Cerucuk.	fw
	8/6/2017	Perhitungan Cerucuk	Perhitungan Braga.	fw

BIODATA PENULIS



Gilang Persada Sebayang, Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, 19 Desember 1993, merupakan anak keempat dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al-Kautsar Bandar Lampung (Bandar Lampung), SD Al-Kautsar Bandar Lampung (Bandar Lampung), SMP Negeri 2 Bandar Lampung (Bandar Lampung), SMA Negeri 2 Bandar Lampung (Bandar Lampung). Setelah lulus dari SMA Negeri 2 Bandar Lampung

tahun 2012, Penulis mengikuti Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan diterima di Jurusan S-1 Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112 100 086. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Geoteknik. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai organisasi maupun kepanitiaan beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa.